#4

#4

広島県水産試験場研究報告

第 4 号

昭和48年2月

LIBRARY
APR 4 1973
FISH & WILDLIFE SERVICE

広 島 県 水 産 試 験 場
（広島県安芸郡音戸町大字音戸5233—2）

広 水 試 研 報
Bull. Hiroshima Fish. Exp. Stn.

目　　次

原　著

高山　晴義
赤潮プランクトンにおよぼす超音波の影響……1
楠木　豊
ミクロセルカウンターによる微細藻類の算定について……7
荒川　好満・久保田久次
養殖カキ付着生物の防除に関する研究—Ⅰ.
広島湾におけるカサネカンザシ付着の季節変化ならびに分布……13
荒川　好満
養殖カキ付着生物の防除に関する研究—Ⅱ.
カサネカンザシの初期生活史……19
荒川　好満
養殖カキ付着生物の防除に関する研究—Ⅲ.
カサネカンザシの淡水，飽和食塩水，および干出に対する抵抗性……29
猪子　嘉生
広島県における気象とノリ作況との関係—Ⅱ.
昭和45，46年度ノリ漁期中の特異気象ならびにノリ生育との対比……35
橋本俊将・溝上昭男・平田貞男・堀田正勝・大内　晟・木村知博・橋本茂明
三原湾漁場環境調査……53
波多野幸太郎・木村知博・溝上昭男・橋本俊将・川西正衛
大竹沿岸域漁場環境調査——工場排水の影響について……85

短　報

猪子　嘉生
ノリ網の干出時間について…… 125
荒川　好満
1971年広島県下で発生したオヨギピンノ（カクレガニ科，甲殻類）の「赤潮」… 129

抄　録

荒川　好満：海産無脊椎動物の糞塊に関する研究（軟体動物を除く）—Ⅰ…… 133
伏見　徹：養成マダイからの採卵に関する研究—Ⅲ.
海面網生簀から陸上産卵池へ移動させた親魚の産卵について…… 133
鉄　健司・木村知博：ノリの品質と養殖場の環境要因との関係について…… 134

雑　録

第1回場内研究会記事…… 135
第2回場内研究会記事…… 135
第3回場内研究会記事…… 136
第4回場内研究会記事…… 136

各種刊行物リスト

指定試験報告・その他…… 137

編集後記

…… 139

原著 **Original Articles**

赤潮プランクトンにおよぼす超音波の影響について

高　山　晴　義

Effects of Supersonic Waves on Some Red Tide Planktons

Haruyoshi TAKAYAMA

(挿図 Text-figs. 1–3)

Abstract

In recent years, outburst of red tide in the Inland Sea of Seto has increased with years on a wide scale, causing much damage to coastal fisheries, especially to fish-culture. It is one of the major problems for fish-culturists in these areas to prevent their marine products from the red tide disaster.

As one of the counter-plans to the disaster, an attempt is made to examine the effects of supersonic waves on two species of marine plankton, *Hemieutreptia antiqua* HADA and *Heterosigma inlandica* HADA, both of which are commomly seen in red tide occurring in Hiroshima Bay and her adjacent waters.

The results obtained from these experiments are summarized as follows:

1. Supersonic waves have a fatal effect upon the red tide planktons, though there are some specific differences in mortality* between the two, as shown in Fig. 1 and Fig. 3.
2. Survival rates** of these two species exposed to supersonic waves decrease proportionally to duration of exposure as shown in Fig. 2 and Table 1 and increase proportionally to volume of samples as shown in Fig. 3.
3. In conclusion, it seems impossible in the present state to make a practical application of this examination result for mechnical and economical reasons.

近年，瀬戸内海各地で赤潮が多発し，水産業の被害も頻繁に発生するようになり，特に，養殖漁業に携わる者にとって，いかに赤潮の被害を防止するかが，大きな課題の1つになっている。

そこで赤潮被害防止の1つの方法として，超音波で赤潮プランクトンを破壊し，その増殖を阻

$$*\text{Mortality } (\%)=\left(1-\frac{\text{number of cells after exposing to supersonic waves per cc}}{\text{number of cells before exposing to supersonic waves per cc}}\right)\times 100$$

$$**\text{Survival rate } (\%)=\left(\frac{\text{number of cells after exposing to supersonic wave per cc}}{\text{number of cells before exposing to supersonic wave per cc}}\right)\times 100$$

止する実験を行なった。超音波[1]はすでに各方面で応用されており，細菌やビールスの破壊にも効果があることが知られている。今回は，被害の大きい *Hemieutreptia antiqua* HADA と，近年瀬戸内海で頻繁に発生するようになった *Heterosigma inlandica* HADA について実験を行なった。

実験に際し，超音波発生装置を貸与していただき，御指導をいただいた中国電力株式会社の沖野研究員に深く感謝します。

材料および方法

H. antiqua と *H. inlandica* は，それぞれ単一種分離し，岩崎[2]の SW II で培養したものを実験に供した。

超音波発生装置は，超音波工業株式会社製の超音波シームレス溶接機（UEW-75F28）を使用した。この装置の周波数は 28 kc/sec で，出力は 75W である。

実験は，50cc（直径 42mm，深さ 36mm），100cc（52mm，47mm），200cc（66mm，58mm）および 250cc（70mm，65mm）の容量の異なるガラスビーカーに，それぞれビーカーの容量に応じた量の試料を取り，よく撹拌して赤潮プランクトンを均一に懸濁させ，1～20秒間超音波を照射した。実験の結果は，処理前と処理後の 1cc 中の細胞数を顕微鏡下で計数し，破壊率*と生残率**を求めた。

H. antiqua は，超音波で処理すると，細胞の一部だけが破壊されて球形になるものが観察された。著者[3]は，このように球形になった細胞が，再生して正常な個体になることを観察しているので，これを生残個体として計数した。

H. antiqua については，昭和47年1月から3月にかけて，*H. inlandica* は5月に，それぞれ1～3回実験を行なった。

試料の温度は，ほぼ20°Cに保った。

結果および考察

超音波で処理すると，*H. antiqua* と *H. inlandica* の細胞は小片に破壊される。*H. antiqua* は，細胞全体が破壊される個体だけでなく，一部だけが破壊されるものも観察された。この場合，ベン毛も切断されて，細胞が球形になることが多い。処理時間が長くなるにつれて，生残個体数が少なくなるとともに，この球形の細胞の割合が多くなる。著者は，このような細胞が，再生して正常な個体になることを観察している。*H. antiqua* は細胞が大きく[3][4]，肉眼でも認めることができるが，少量の試料を長時間処理すると，全ての細胞が破壊されて，試料はやや透明になる。

図1に，処理時間と破壊率の関係を示した。処理前の赤潮プランクトンの濃度は，*H. antiqua* が2,700～10,000個体/ccで，*H. inlandica* が52,000～93,000個体/ccであった。両種とも，濃度による差はみられなかったので，2回以上実験を行なったものは，その平均を示した。

破壊率は，処理時間が増加するとともに急激に増大するが，さらに処理時間が長くなると，その上昇は緩慢になる。

$$*\text{破壊率}(\%)=\left(1-\frac{\text{処理後の 1cc 中の細胞数}}{\text{処理前の 1cc 中の細胞数}}\right)\times 100$$

$$**\text{生残率}(\%)=\left(\frac{\text{処理後の 1cc 中の細胞数}}{\text{処理前の 1cc 中の細胞数}}\right)\times 100$$

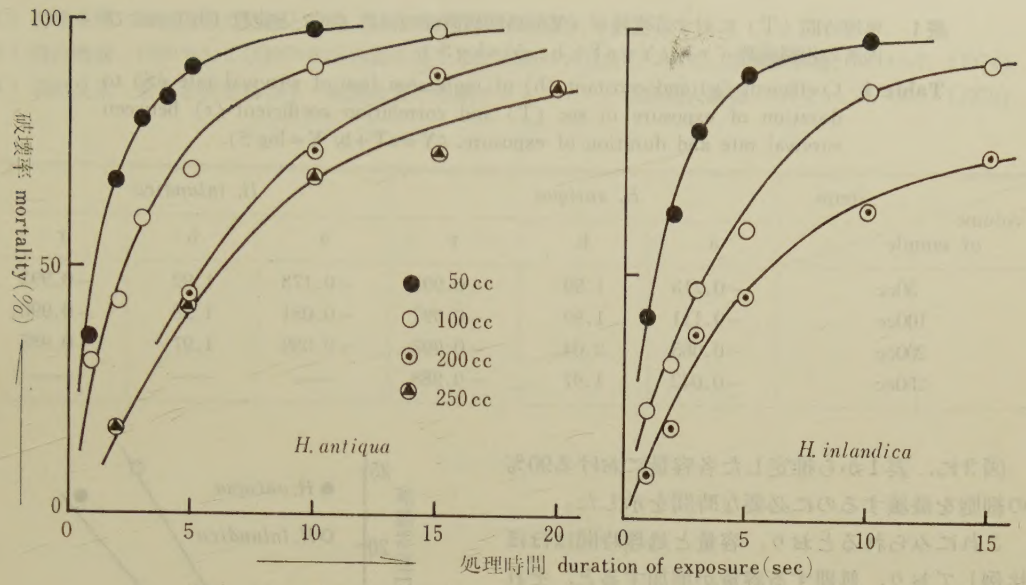


図1　*H. antiqua* および *H. inlandica* におよぼす超音数の影響。

Fig. 1　Effects of supersonic waves on *H. antiqua* and *H. inlandica*.

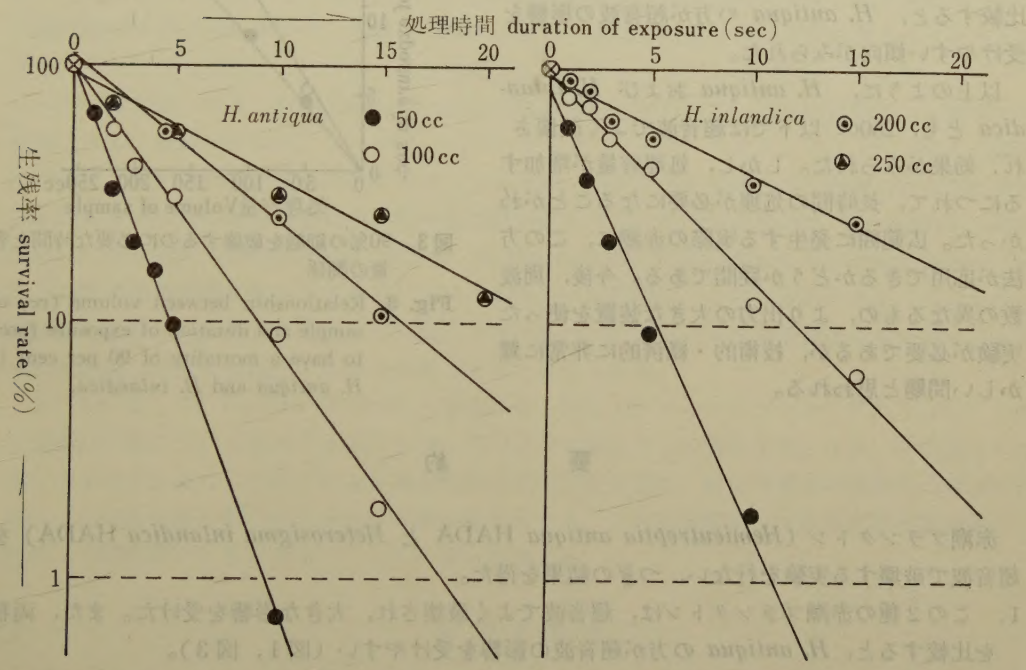


図2　処理時間と生残率との関係

Fig. 2　Relationship between duration of exposure (sec) and survival rate (%).

縦軸に生残率の対数をとり，処理時間との関係をみると図2のようになる。

図2に示すとおり，生残率は，処理時間に指数関数的に比例して減少し，$Y=\log S$ とすると $Y=aT+b$ の式で表わすことができる。表1に，それぞれの回帰直線のa，bの値ならびに相関係数を示した。処理時間と生残率の関係は，いずれも非常に高い負の相関係数が得られた。

表1　処理時間（T）に対する生残率（Y）の回帰直線の係数（a）と定数（b）および両者の相関係数（r）．（Y＝aT＋b，Y＝log S）．

Table 1　Coefficient (a) and constant (b) of regression line of survival rate (S) to duration of exposure in sec (T) and correlation coefficient (r) between survival rate and duration of exposure. (Y＝aT＋b, Y＝log S).

items / volume of sample	*H. antiqua*			*H. inlandica*		
	a	b	r	a	b	r
50cc	−0.213	1.99	−0.998	−0.173	1.92	−0.993
100cc	−0.111	1.99	−0.997	−0.081	1.98	−0.996
200cc	−0.065	2.04	−0.995	−0.039	1.97	−0.985
250cc	−0.042	1.97	−0.988	——	——	——

図3に，表1から推定した各容量における90％の細胞を破壊するのに必要な時間を示した。

これにみられるとおり，容量と処理時間はほぼ比例しており，処理する容量が増加すると，それに応じて，長時間の処理が必要となることを示している。また，*H. antiqua* と *H. inlandica* を比較すると，*H. antiqua* の方が超音波の影響を受けやすい傾向がみられた。

以上のように，*H. antiqua* および *H. inlandica* とも，250cc 以下では超音波でよく破壊され，効果がみられた。しかし，処理容量が増加するにつれて，長時間の処理が必要になることがわかった。広範囲に発生する実際の赤潮に，この方法が応用できるかどうか疑問である。今後，周波数の異なるもの，より出力の大きな装置を使った実験が必要であるが，技術的・経済的に非常に難かしい問題と思われる。

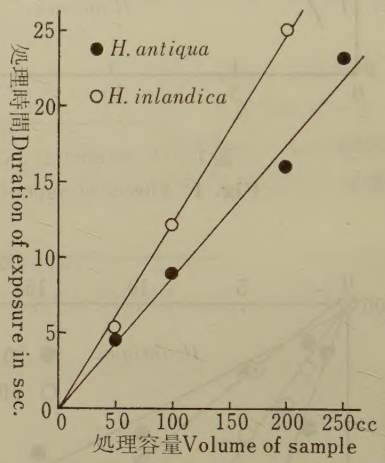


図3　90％の細胞を破壊するのに必要な時間と容量の関係

Fig. 3　Relationship between volume (cc) of sample and duration of exposure (sec) to have a mortality of 90 per cent in *H. antiqua* and *H. inlandica*.

要　　約

赤潮プランクトン（*Hemieutreptia antiqua* HADA と *Heterosigma inlandica* HADA）を超音波で破壊する実験を行ない，つぎの結果を得た。

1．この2種の赤潮プランクトンは，超音波でよく破壊され，大きな影響を受けた。また，両種を比較すると，*H. antiqua* の方が超音波の影響を受けやすい（図1，図3）。

2．生残率は，処理する時間に対して，指数関数的に低下する（図2，表1）。また，処理する容量が増加すると，それに比例して長時間の処理が必要となる（図3）。

3．実際の赤潮にこの方法を応用するには，技術的および経済的にみて，困難であると思われる。

文　　献

1）日刊工業新聞社：超音波技術便覧

2）岩崎英雄：微細藻類の分離と培養，日本水産資源保護協会，（1967）
3）高山晴義：1969年および1970年広島湾に発生した赤潮ベン毛虫について，広水試研報，3：1～7，(1972)
4）羽田良禾：公害と原生動物Ⅱ・赤潮公害と赤潮プランクトン，広島商大論集，12(2)：27～57，（1972）

ミクロセルカウンターによる微細藻類の算定について

楠　木　　豊

Evaluation of an Electric Particle Counter, Micro-cell Counter, for Determining Numbers of Algal Cells

Yutaka KUSUKI

（挿図 Text-figs. 1–5）

血球計算の自動化のためにアメリカで開発された Coulter Counter は，単に血球計算のみでなく，広い分野にわたり応用されている。海洋調査関係としてはプランクトンの計数[1)2)3)]，海水中懸濁質の大きさ別計数[4)5)6)]，有機懸濁質の測定[7)]，底質の粒度分析などに利用されており，これらについての手引というべきものも出されている[8)]。

一方我国では，こうした利用面のほかに，近年盛んに行なわれている水産動物の人工飼育にも利用できる。貝類ではカキ，アカガイ，ホタテガイ，ミルクイ，サザエ，アワビなど多くの種類について，卵からの飼育に成功しており，トリガイ，イタヤガイなど，人工飼育の試みられているものも多い。このうち二枚貝の幼生の飼育餌料として用いられているのは *Chaetoceros calcitrans* f. *pumilus*, *Monochrysis lutheri*, *Phaeodactylum tricornutum*, *Chlamydomonas* sp. など少数の微細藻類に限られている。これらの幼生への給餌は，1日おきに換水し，そのたびに顕微鏡で計数している。このような計数は routine work ともいうべき性質のものであり，これを血球計算と同様に自動化するのは容易であると考えられる。

さいわいにして，Coulter Counter と原理のよく似たミクロセルカウンター[9)]によって，これら藻類の計数について検討する機会を得たのでその結果をここに報告する。なお，この器具の使用につき便宜をあたえられた東亜特殊電機株式会社柴田昌宏氏，および器具の管理につきお世話になった同社広島出張所谷正道氏に感謝の意を表する。また培養藻類は広島県水産試験場堀田正勝氏より提供頂いたものであり，ここに謝意を表する。

材料と方法

培養している *M. lutheri**, *Ch. calcitrans**, *Chlamydomonas* sp.* を用いた。ミクロセルカウンター（MCC）は原液を5万倍に稀釈したとき，計数表示管の数字が 1 mm^3 当り万単位の数となるようにセットされている。プランクトンは1cc当りの細胞数で示すのが普通である。このときには原液を50倍に稀釈すれば表示管の数字が1cc当り万単位の数となる。稀釈には0.85

* *M. lutheri* はカキ研究所から，*Chlamydomonas* sp. は東京大学水産実験所二村義八朗氏から，*Ch. calcitrans* は東海区水産研究所梅林脩氏からわけて頂いたものである。

%生理食塩水を用いた。

MCCはCC—1002型で，検出器は1A055（孔径150μ）を用いた。実験は20°Cの恒温室で行なった。

結　　果

1. *Monochrysis lutheri*

M. lutheri は径5～6μの球形であり，MCCを用いての計数には最も適したものである。この累加粒度分布曲線は感度1（感度が最も低い）で図1のように良好な形が得られた。稀釈は$\frac{1}{50}$であり，この計数値はそのまま1cc当り細胞数（万単位）を示している。この平坦部から，原液は167万細胞/ccであることがわかる。血球計算盤による視算法では3回計数し，平均165万細胞/ccとなり，MCCによる値と一致している。

同一サンプルを3回続けて計数したところ，表1のように，計数値に大きな差はなく，視算法のほうがはるかに差は大きい。このことは百々等[10]が白血球についても，視算法とMCCとで同一試料を10回計数し，その変異係数は視算法5.86%，MCCは1.82%であり，MCCは信頼性が高いことを示している。

細胞数の計数にあたっては同時通過の問題を無視することはできない。そこで，既知濃度の *M. lutheri* を幾つかの段階に稀釈し，それをMCCで計数して原液の細胞数を換算してみた。結果は図2のとおりで，稀釈した液1cc当り40,000細胞以上になると同時通過により計数値が少なくなり，原液の細胞数に換算すると，実際の細胞数より少なくでてくる。例えば1回目の実験で，原液の細胞数は167万/ccのものが20倍稀釈では138万/ccと少なくなり，10倍稀釈では僅かに106万/ccと出てくる。

50倍稀釈で1cc当り細胞数4万ということは原液では200万細胞/ccということであり，計数値は200以下にしなければならないことがわかる。これより計数値が多いときには，さらに稀釈しなければならない。

このことは牛精子の算定についても同じことが認められ[11]，計数表示管の値が250以下になるように稀釈しなければならないという。

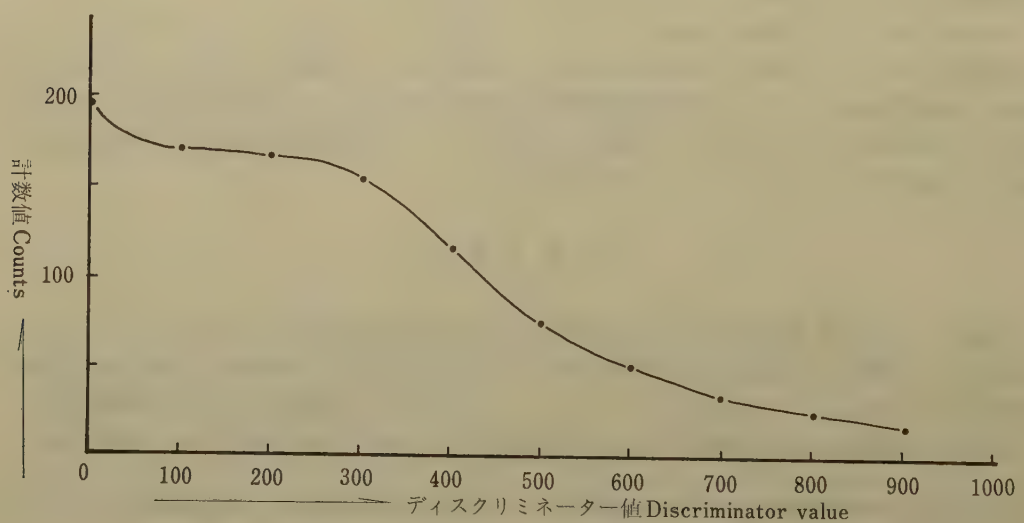


図1　*M. lutheri* の累加粒度分布曲線

表1　同一試料の3回連続計数値

試料No.	計数値			平均
1	284.6	287.8	287.8	286.7
2	276.6	271.4	274.5	274.1
3	155.8	154.6	155.9	155.4
4	266.3	268.3	265.4	266.7
5	259.7	265.3	264.6	263.2

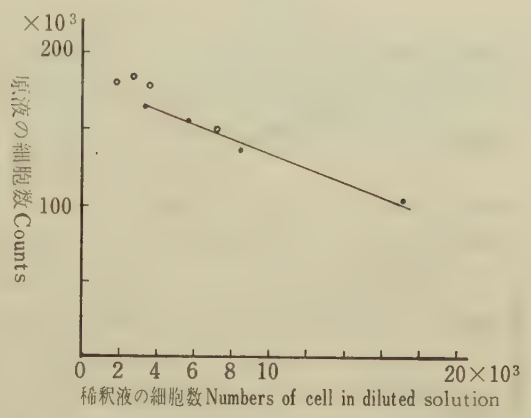


図2　試料中の細胞数濃度による同時通過の影響
● 1回目，原液167万細胞/cc
○ 2 〃 ，　〃 180万　〃

同時通過の影響の出てくる濃度は粒子の大きさにより異なり，小さな粒子ほど濃度は高くてもよい[8]。したがって，はっきりしたことはいえないが，微細藻類の算定にあたっては計数表示管の値は200以下にすればよいと思われる。

2．*Chlamydomonas* sp.

細胞数の算定にあたっては，まず適当な感度を見つけねばならない。これには一度被検液を吸入させ，オッシロスコープ・スクリーンにでるパルスの大きさが，大部分スクリーンの⅓～⅔にくるように感度を調節すれば，良い累加粒度分布曲線が得られる。

本種は長径約10μ，短径約7μの楕円形であり，*M. lutheri* より大きい。そのため，感度を最も低い1にしても，なおパルスは大きく，フラット部分の長い累加粒度分布曲線が得られる（図3）。しかし，細胞数の算定だけであれば，単にフラット部分が長くなっただけにすぎない。図3は50倍稀釈であり，計数値は180である。これから原液は180万細胞/ccとなり，血球計算盤による値と一致している。

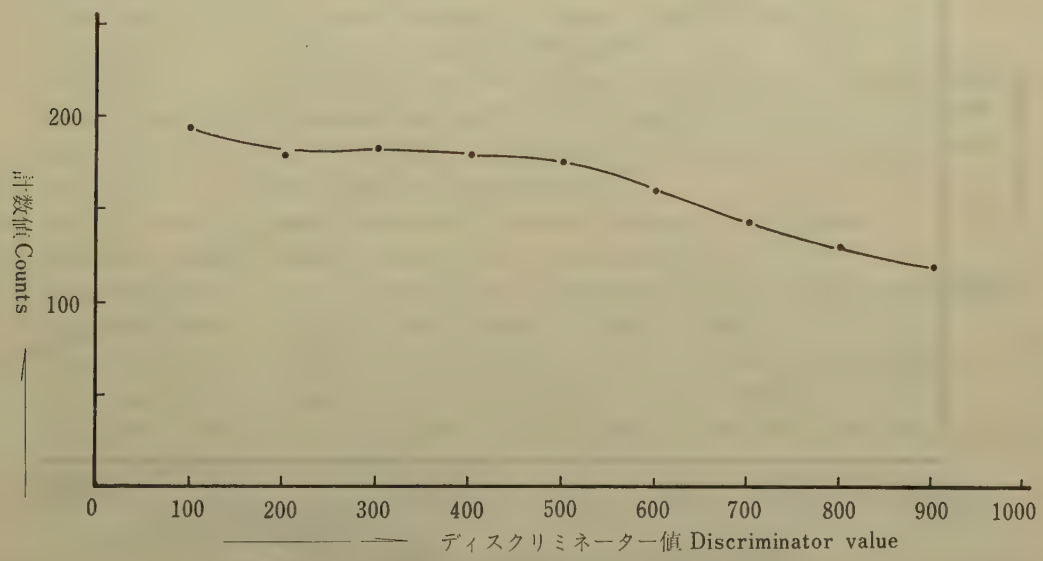


図3　*Chlamydomonas* sp. の累加粒度分布曲線

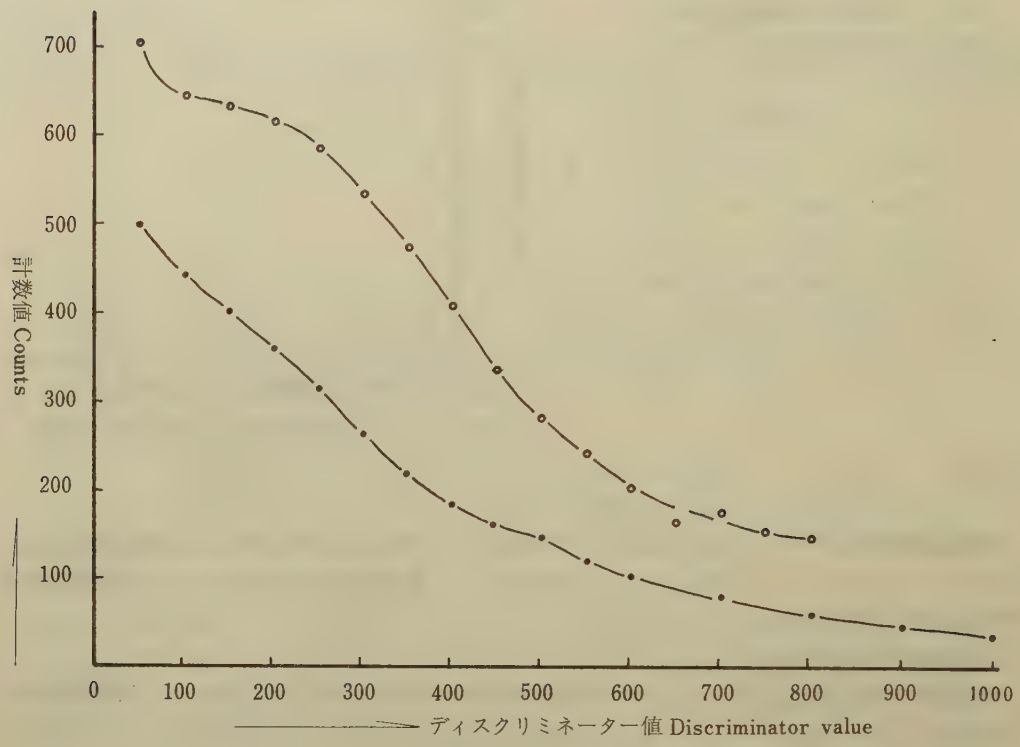


図4　*Ch. calcitrans* f. *pumilus* の累加粒度分布曲線（1）
●—● 検出器　1 A055, 感度 6 ；○—○ 検出器　1 G075, 感度 1

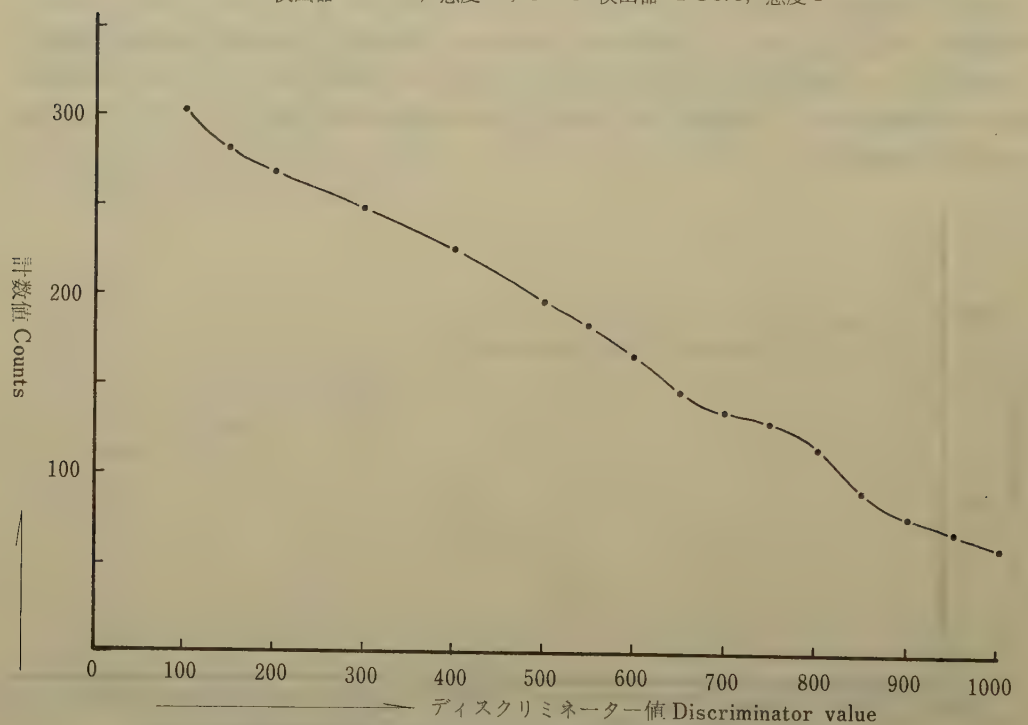


図5　*Ch. calcitrans* f. *pumilus* の累加粒度分布曲線（2）
検出器　1 G075, 感度 1

3. *Chaetoceros calcitrans f. pumilus*

本種は桿状であり，長さ4～10μ，巾2～3μである。この大きさは培養の時期により異なり，長さ4～5μぐらいにそろっているときもあるが，また各種の大きさのものがまじっているときもある。長さそのものは *M. lutheri* と大差ないが，桿状のため，容積で示される本器種においては *M. lutheri* より小さなものとして検出されることになる。

感度を最も高い6にしても，パルスはスクリーンの半分以下のものが多く，累加粒度分布曲線もフラット部分のないものとなる。このため検出器を1G075（孔径80μ）にかえて測定すると，きれいな曲線が得られた（図4）。しかし大きさがそろっていないときには，1G075でもフラット部分のないものができる（図5）。そして Discriminator value 700 以上で凹凸がみられるのは，細胞の大きさによる分布を反映しているものと思われる。

血球計算盤による計数では，図4の試料は1cc当り326万細胞，図5の試料では189万細胞であった。MCCの計数値からみた細胞数はもっと多く，図4の試料では1cc当り600万細胞以上，図5の試料では250万細胞ぐらいと考えられる。この両者の不一致は検出器の孔径が小さいため，小さな粒子までも検出することによるものと考えられる。この点を解決するためには，大きさ別に計数し，*Ch. calcitrans* の部分だけを算定するようにせねばならないと考えられる。この問題は今後さらに検討を進めたいと思う。

ま　と　め

今回の3種の計数では，小容積の *Ch. calcitrans* では問題が残されたが，*M. lutheri, Chlamydomonas* はいずれも良い結果が得られた。MCCの操作は極めて簡単であり，しかも正確で早く計数できる。貝類の餌料濃度算定には極めて有用であることが明らかになった。

文　　献

1) EL-SAYED, S. Z. and B. D. LEE: Evaluation of an Automatic Technique for Counting Unicellular Organisms. J. Mar. Res., 21, 59-73 (1963).

2) PARSONS, T. R.: An Automated Technique for Determining the Growth Rate of Chain-forming Phytoplankton. Limnol. Oceanogr., 10, 598-602 (1965).

3) MALONEY, T. E., E. J. DONOVAN and E. L. ROBINSON: Determination of Numbers and Sizes of Algal Cells with an Electronic Particle Counter. Phycologia, 2, 1-8 (1962).

4) SHELDON, R. W. and T. R. PARSONS: A Continuous Size Spectrum for Particulate Matter in the Sea. J. Fish. Res. Bd. Canada, 24 (5), 909-926 (1967).

5) BRUN-COTTAN, J. C. and ALEXANDRE IVANOFF: Particles' Size Distribution in Sea-Waters. Proc. Joint Oceanogr. Assembly (Tokyo, 1970), 173-175 (1971).

6) SHELDON, R. W., T. P. T. EVELYN, and T. R. PARSONS: On the Occurrence and Formation of Small Particles in Sea Water. Limnol. Oceanogr. 12, 367-375 (1967).

7) MULLIN, M. M., P. R. SLOAN and R. W. EPPLEY: Relationship Between Carbon Content, Cell Volume and Area in Phytoplankton. Limnol. Oceanogr., 11, 307-311 (1966).

8) SHELDON, R. W. and T. R. PARSONS: A Practical Manual on the Use of the Coulter Counter in Marine Science. Coulter Electronics, Ontario, 66 pp. (1967).

9) 岡田徳弘：ミクロセルカウンターの原理と使用法，ミクロセルカウンターの畜産分野使用例文献集 (1)，1-7，東亜特殊電機株式会社学術センター.

10) 百々兼重・酒匂睦郎・滝沢みち子・高羽愛子・石川波津江：白血球計数値の信頼度について，第三回MC

C研究会「白血球計数に関する検討」発表論文集，21—28，東亜特殊電機株式会社学術センター，(1969)．
11) 白石順一・岡田徳弘・住吉健也・黒田範雄：人工受精における精子数の自動算定，ミクロセルカウンターの畜産分野使用例文献集(1)，8—15，東亜特殊電機株式会社学術センター．

養殖カキ付着生物の防除に関する研究—I

広島湾におけるカサネカンザシ付着の季節変化ならびに分布

荒川　好満・久保田久次

Biological Studies on Prevention and Extermination of Fouling Organisms Attached to Cultured Oysters—I

Distribution and Seasonal Settlement of *Hydroides norvegica* (GUNNERUS) (Polychaeta: ANNELIDA) in Hiroshima Bay

Kohman Y. ARAKAWA and Hisatsugu KUBOTA

（挿図 Text-figs. 1–7）

Abstract

During the autumns of 1969 and 1970, *Hydroides norvegica* (GUNNERUS), a species of sedentary tube worm had severely outbroken in oyster culture grounds of Hiroshima Bay inflicting extensive damage to cultured oyster crops in these years (ARAKAWA, 1971).

By way of precaution to prevent the oyster crop from the disaster, we have undertaken an investigation on seasonal settlement and distribution of this species in the Bay and her neighbouring waters since 1969.

1. The highest season for the settlement of this species in average year ranges from the middle of September to the middle of October, whereas in critical year, it is likely to extend over several months until the commencement of November (Text-fig. 2).

2. During the past three years, this species occurs rather frequently in oyster culture grounds in the bay bottom ranging from Kaita Inlet to Ôno Seto through Itsukaichi and Jigozen than in the offshore waters (Text-figs. 3 and 4).

3. In vertical distribution, this species settles most abundantly at the depths ranging from 5 to 6 metres decreasing biomass towards the bottom and the surface of water (Text-figs. 7 and 8).

座着性多毛類の1種カサネカンザシ *Hydroides norvegica* (GUNNERUS) は，海運方面では，船底汚損上，フジツボ類につぐ障害生物として，古くから注目されてきた種類である[3)]。水産，とくにカキ養殖方面では，1969—'70年に，広島湾周辺の養殖場で異常発生し，大きな被害をもたらしたのが最初で，それまでは，ごく一部の地域を除き，養殖カキ付着生物としては，ほとんど問題視されなかった種類である。

1969年の異常発生を契機に，予防対策の一つとして，広島湾周辺の養殖場における本種の分布ならびに幼生付着の季節変化を経年追跡し，発生予知のための基礎調査を行なったので，その概要を述べ，被害の防止について，若干考察を加えて見たい。

なお，調査に協力された当試験場村上菊太郎企画調査部長，中山京子氏，ならびに広島・呉両農林事務所の職員諸兄，また，貴重な資料の閲覧を許された広島市ノリ人工採苗場森田水産係長らに深甚の謝意を表する。

材料と方法

1971年以降の調査は，前年（1970）の予備調査（天応，森山，草津，五日市，地御前その他）の結果から，もっとも付着の多かった佐伯郡地御前地先を調査点にえらび，6—11月の6カ月間，旬毎の幼生付着数を調べた。付着板には，面積100㎠前後（平均98㎠）のホタテガイ（右）殻を用い，これを0，1.5，3.0，5.0および7.0mの各層に，水平に，針金（亜鉛引き半鋼線 #14）で垂下浸漬した（図1）。

なお，分布および生物量については，毎年付着盛期を過ぎた10月末から11月上旬へかけて，湾周辺の漁場10数カ所について，一勢に調査した。

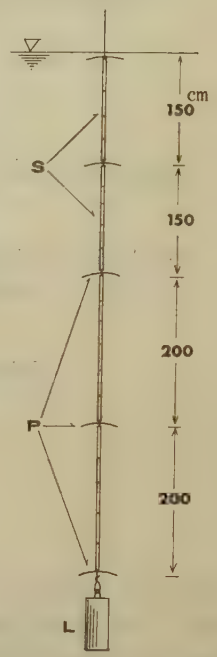


図1　カサネカンザシ幼生付着連模式図

Text-fig. 1 Scheme of string of test panels exposed in sea water to collect young worms of *H. norvegica*.
L. 錘 Lead, P. 付着板（ホタテガイ右殻） Test panel (right shell of giant scallop, *Patinopecten yessoensis*), S. 隔子 Spacer

調査結果ならびに考察

1. 季節変化

カサネカンザシ幼生の最多付着層（水深5—6m）における付着変動を見ると，1971年は，6月から9月上旬までは，大した変化もなく小規模の付着が続いたが，9月中旬から目立ちはじめ，同下旬から10月上旬へかけて最高潮に達している。同中旬には，ふたたび9月中旬頃の状態にまで衰退し，その後は，小規模な変動をくり返しながら，漸次衰微している。翌1972年も，付着の目立ちはじめたのは，前年と同様，9月中旬で，付着の規模（付着密度，コ/100㎠/旬）は，前年の5倍ちかくにも達した。しかし，大きな付着の山とはならず，その後10月上旬まで下降線をたどり，同中旬に，ふたたび小規模な付着の山があらわれた後，徐々に衰微した。

以上は，いづれも平年における季節変動であるが，異常発生年の完全な記録がないので充分な比較はできないが，1969年10—11月，広島市ノリ人工採苗場が，佐伯郡五日市地先で行なった調査結果によると，10月中—下旬には，付着密度が470（コ/100㎠/旬）ちかくに達し，1971年の最盛期の優に3倍以上にもおよび，さらに11月上—中旬には90（平年同期の約6倍），同中—下旬でも50（1972年の最高付着密度とほぼ同値）と規模が大きく，付着の盛期も平年より長びく傾向が見られる。

以上の調査結果，および，10月以降は，養殖カキの身入りの季節に入ること，また，11月以降に付着したカサネカンザシの幼生は，低水温の影響で，カキに実害をともなう程度には急速な成長をとげ得ないなどの関係から，駆除作業は，10月中旬から11月上旬へかけて行なうのが効果的と思われる。

なお，梶原[2]は，本種の付着期は，長崎県相ノ浦では6—7月と9—11月の2回で，全国的な

管棲多毛類の付着期は，ほぼ春―秋で，南ほど付着期間が長くなる傾向があると述べている。

2．水平分布と付着（生物）量

1969年および1970年には，広島湾ばかりでなく，瀬戸内海の多くの養殖場で本種の異常発生が見られたが，このほか，浜名湖など他の地方のカキ養殖場でも，これとほぼ前後して，同様の現象が観測されている。

1969年の広島湾における異常発生の顛末については既に報告[1]したが，1970年（異常発生年）および1971，'72年（いづれも平年）の同水域のカサネカンザシ付着量ならびに分布状況は，図3，4および5に示すとおりである。これによると，広島湾東部の海田湾から五日市を経て大

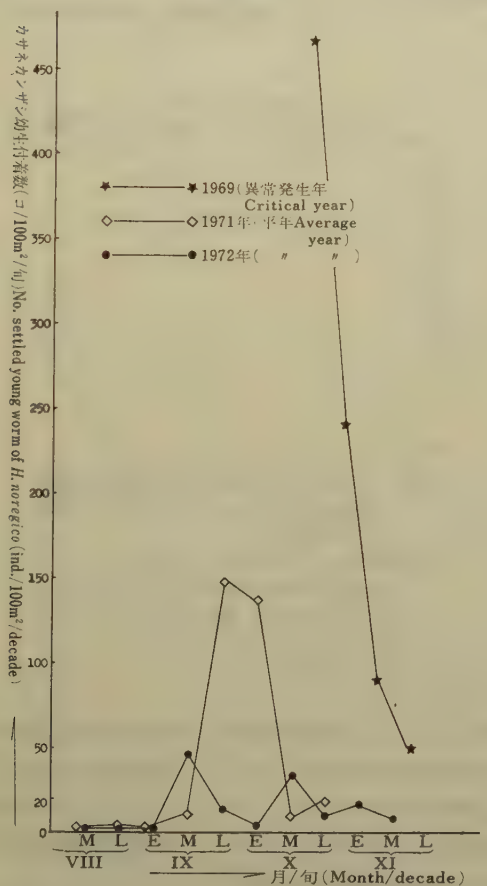


図2　広島湾におけるカサネカンザシ幼生付着の季節変化（1969年は，広島市ノリ人工採苗場資料より換算）

Text-fig. 2 Seasonal settlement of young worms of *H. norvegica* in Hiroshima Bay in the years of 1969, 1971 and 1972.

図3　1970年広島湾カキ養殖場におけるカサネカンザシの分布および付着（生物）量

Text-fig. 3 Distribution and biomass of *H. norvegica* in oyster culture grounds of Hiroshima Bay in 1970.

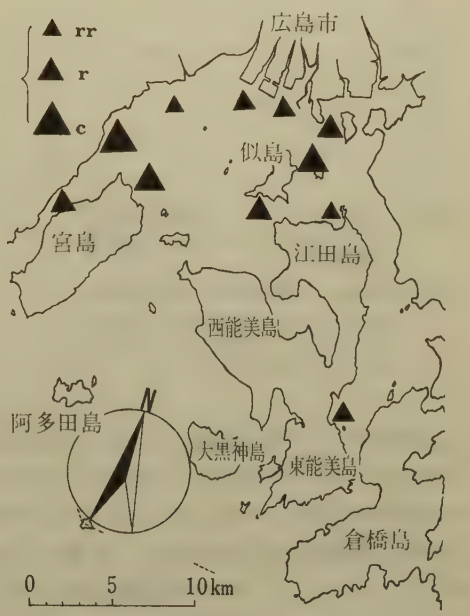


図4　1971年広島湾カキ養殖場におけるカサネカンザシの分布および付着（生物）量

Text-fig. 4 Distribution and biomass of *H. norvegica* in oyster culture grounds of Hiroshima Bay in 1971.

野地先へいたる沿岸部の漁場，ことに，金輪島周辺と，地御前および大野瀬戸付近に多発し，湾央部から湾外の島嶼部へかけての漁場では少なく，音戸瀬戸以東では，ほとんど発生を見ていない。ただ，従来小規模に止っていた江田内の漁場で，1972年に，かなり異常な付着の見られたことが注目される。

以上は，カサネカンザシの生息の足懸りとなるカキ養殖場のある水域に限った調査であるから，自然の分布とは，かなりのずれがあるはずであるが，一応，これまでの調査では，カサネカンザシの被害を避けるには，沿岸の既存漁場より，湾央から島嶼部へかけての水域が安全と思われる。

3. 垂直分布

付着生物は，種類によって垂直分布が異なるのが一般である。カサネカンザシは，水深5—6m付近に最も多く付着し，それ以浅あるいは以深では少く，「提灯」型の層別分布をする。

図5　1972年江田島湾（江田内）付近のカキ養殖場におけるカサネカンザシの分布および付着（生物）量

Text-fig. 5 Distribution and biomass of *H. norvegica* in oyster culture grounds of Eta-jima Bay (Eta-uti) and her adjacent waters in 1972.

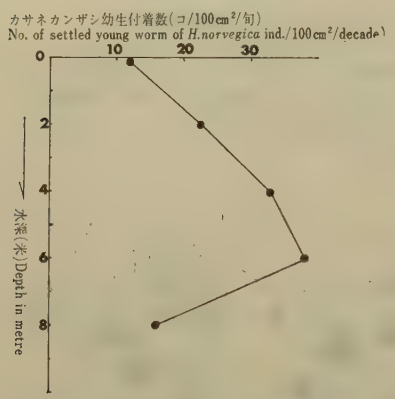


図6　1972年（平年）広島湾(地御前)におけるカサネカンザシ付着幼生の層別分布

Text-fig. 6 Vertical distribution of settled young worms of *H. norvegica* in Hiroshima Bay in 1972 (Average year).

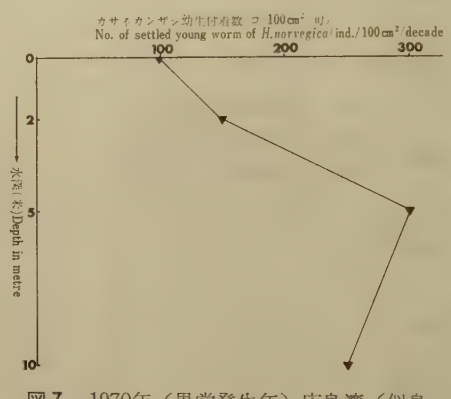


図7　1970年（異常発生年）広島湾（似島運場）におけるカサネカンザシ付着幼生の層別分布

Text-fig. 7 Vertical distribution of settled young worms of *H. norvegica* in Hiroshima Bay in 1970 (Peak year for unusual outbreak of *H. norvegica*)

この傾向は，平年（図6）でも，異常発生年（図7）でも，ほぼ同様で，最多付着層（水深5—6m層）では，表層（0—0.5m層）の平均3倍程度の付着がある。ただし，異常発生年には，5m以深の付着は，それ以浅より，かなり高くなる傾向が見られる。しかし，カサネカンザシの成長は，表層で最も速かなので，水深の大きい漁場では，被害を防ぐには，カキ養殖連を浅吊りするよりも，むしろ，最多付着層以深に深吊りするのが効果的と思われる。

要　　約

広島湾のカキ養殖場におけるカサネカンザシの分布および付着の季節変化について調査の概要

を述べ，被害防止について考察した。

1．本種の付着盛期は，平年では，9月中旬から10月上旬頃までで，異常発生年には，これより長びく傾向がある。駆除は，10月中旬—11月上旬が適期と思われる。

2．水平分布は，毎年，沿岸部の海田，五日市，地御前，大野瀬戸へかけての漁場に多発し，ことに金輪島付近，地御前，大野地先で著しい。ただし，1972年には，従来，小規模だった江田島湾で，例年になく異常発生が見られた。全般に湾央から島嶼部へかけて付着が少ない。

3．垂直分布を見ると，5－6m層で付着が最も多く，それ以浅，あるいは以深では少ない。被害をさけるには，養殖連の深吊りが効果的と思われる。

文　　献

1）荒川好満：1969年広島湾に異常発生した管棲多毛類の1種カサネカンザシによる養殖カキの被害について，貝類学雑誌，30(2)：75—82，(1971)．

2）梶原武：海産汚損生物の生態学的研究。長崎大学水産学部研報，16：1—138，(1964)．

3）馬渡静夫：わが国港湾汚損の生物学的研究Ⅰ．研究概要．資源研彙報，69：87—114，(1967)．

4）谷田専治・他：垂下養殖カキの付着生物に関する研究—Ⅱ．季節変化．東北水研報，2：56—66，(1953)．

養殖カキ付着生物の防除に関する研究—Ⅱ

カサネカンザシの初期生活史

荒　川　好　満

Biological Studies on Prevention and Extermination of Fouling Organisms Attached to Cultured Oysters—II

Early Life History of *Hydroides norvegica* (GUNNERUS) (Polychaeta: ANNELIDA)

Kohman Y. ARAKAWA

(挿図 Text-figs. 1–5, 図版 Pls. I–III)

Abstract

It is the object of this paper to clear early life history in *Hydroides norvegica* (GUNNERUS) in order to forecast on the probable time and density of the tube worm setting.

1. Observations on various aspects of development and metamorphosis in this species had been carried out for 150 consecutive days or more after fertilization (Table 1 and Plates I–III).

2. Measurements of embryos and larvae of this species in various stages of development were taken (Text-figs. 4 and 5).

カサネカンザシの異常発生を早期に予知するには，従来行なってきた付着幼生の定量的調査のほかに，付着前の浮遊幼生についても同様の調査を試み，これらの結果をあわせて検討するのが効果的と考えられる。それには，各発生段階の形態の変化や成長度，浮遊生活の期間など，初期生活史の全貌を明らかにする必要がある。

本種の生活史の概要については，大島[4]の研究があるが，細部については，なお，不明の部分も多い。ここでは，受精後5カ月余にわたる胚発生，幼生変態の過程を詳細に観察し，生活史初期の成長についても若干の知見を得たので報告する。幼生の飼育ならびに測定にあたって，犬馬の労をとられた中山京子さん，また，貴重な文献を貸与された今島実博士ならびに内海冨士夫教授に謝意を表する。

材料と方法

広島湾のカキ養殖場で採集した材料を用いて，1970年10月下旬から，1971年3月下旬まで，飼育観察した。

人工受精：組織を傷つけぬよう棲管から虫体をひき出し，時計皿に1尾ずつ収容し，5—10分間放置してから，沪過海水を注ぐと，放卵または放精する。精子は放精後約30分間放置し，活動

が最高潮に達した頃，ピペットで1滴ずつ卵を収容した時計皿に滴下し，静かに回しながらゆり動かす。その後，沪過海水で卵をよく洗い，フィンガーボウル（300cc容）へ移して，初期発生を鏡検観察した。

幼生の飼育：受精卵の一部は，1ℓ容のガラス・バットに収容，送気しながら止水で飼育した。数日後から *Chaetoceros simplex* を1日1回給餌した。幼生定着後は流水に切替え，また，付着直前に，バットの底にスライド・グラスをしき，それに幼生を付着させ，以後の鏡検が容易に行なえるよう工夫した（図1）。

なお，餌育期間中の水温は，受精後3日目までは，16.0—20.2°C（室温），それ以後は9.7—15.6°Cであった（図2）。

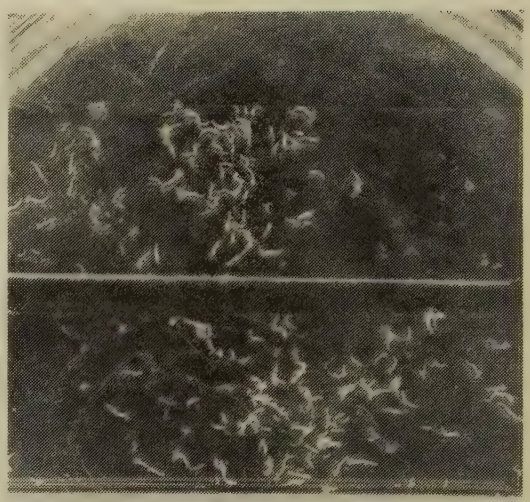


図1　バットの底にしいたスライド・グラスに付着したカサネカンザシ幼生

Text-fig. 1　Young worms of *H. norvegica* settled on the slides with which covered the bottom of a breeding tank just before settlement.

観察結果ならびに考察

1．卵・割

本種の卵割の型式は，多毛類に共通な全割，不等割*の螺旋卵割である。受精直後の卵は40μ前後，水温16—18°Cで，受精後約40分で極体を放出する。50分で2細胞期となり，2時間で4細胞期に達する。8細胞期（受精後2時間30分後）には小割球が右へ少しずれて，いわゆる螺旋卵割の特徴が見られる。以後，16細胞期（3時間後），32細胞期（3時間30分後）と，螺旋卵割をくりかえす。桑実期（5時間後）に達すると，卵膜内で回転運動を始め，10—11時間経過後（18°C），胞胚期に入り，遊泳運動を始める。

なお，10月下旬から12月上旬へかけて，数回人工受精を試みたが，時期の後れとともに，孵化率が低下した。

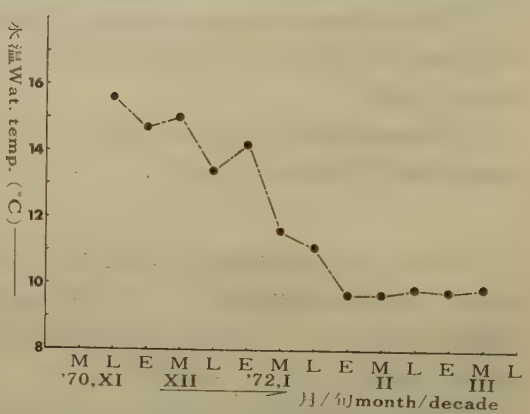


図2　カサネカンザシ幼生飼育槽の水温の変化

Text-fig. 2　Fluctuations in water temperature of the breeding tank in which the larvae of *H. norvegica* had been kept during observation.

2．担輪子幼生

かくして24時間後には，頂板に感覚毛（頂毛）が生え，前繊毛環が発達して繊毛をもち，モノトロカル型の原担輪子幼生 Monotrochal protrochophoral larva の特徴をそなえるようになる。この時期には，折れ曲った腸管が透けて見え，大きさは70×55μに達する。3日後には，後担輪子幼生 Metatrochophoral larva となり，眼点 eye spots が顕著となり，下半球 hyposhere がのびて軀幹部原基が発達し，後繊毛環を生じて遊泳力を増す。

* 本種の卵は卵黄が少なく，等割にちかい不等割である。

3. ネクトケータ幼生

9日目くらいには，ネクトケータ幼生 Nectochaetal larva（多毛幼生 Polychaet-larva）となり，体長は体巾の2倍以上にも達する（290×120μ）。また，頭部に1対の顕著な眼点をそなえ，軀幹部に3対の遊泳剛毛束 Swimming setae, nectochaete を生ずる。感覚毛は痕跡的となり，疎らに残っているのみであるが，前・後繊毛環の繊毛は，退化的とはいえ，かなり明瞭に認められる。10日後には，頭端は丸味をおび，尾端は尖り，短剣状を呈する。軀幹部に数個の体節があらわれ，前・後繊毛環の繊毛は痕跡的となり，頂毛は，ほとんど消失する。この時期には，半ば遊泳，半ば匍匐の習性をとる。

4. 付着幼生

10—11日目には，変態をとげて，コケシ状の付着幼生となり，定着生活に入る。付着直後の幼生で，大きさは320×130μ，頭部は小さく球状で，繊毛環は退化し，軀幹部は著しく伸び，頸部をとりまいて襟が発達する。また尾端は丸味をおび，両側に小さな疣足 parapodia を生じ，遊泳剛毛束も見られる。付着に際しては，地物上にあおむけの姿勢で横たわり粘液性の透明な棲管を分泌し，約1週間を要して変態をとげ，ほぼ成体型となる。大島[4]によれば，夏には10日，早い時には，5日間で定着生活に入り，最初，体の側面で付着するらしいと述べている。11日目の終り頃には，頭部に2カ所の浅いくびれを生じ，12日目には，これが4カ所となり，中央を除く左右2対の鰓糸 branchial filaments 原基となる。14日目には，中央部の膨出は退化して，新たに腹側から枝分れした1対が加わり，都合3対の棍棒状の鰓糸を生ずる。鰓糸表面には繊毛を生じ，それをふるわせて水流を起し，呼吸と同時に摂餌作用もいとなむ。鰓糸は日時の経過とともに枝分れし，鞭状に細長く伸び，尾端両側の疣足も漸次発達し，眼点は退化的となる。この時期には，光に対する感受性がかなり強く，わづかの明暗の差にも反応を示し，棲管内に退縮する。

図3　棲管からとり出したカサネカンザシの成虫
Text-fig. 3　Matured worm of *H. norvegica* removed from tube.

表1　カサネカンザミの発生経過
Table 1 Development of *Hydroides norvegica* (GUNNERUS)

受精後経過日時 Time after fertilization			発生段階 Stage attained	水温 Water Temperature (°C)
日 dys	時 hrs	分 mins		
		40	第2極体放出 Second polar body extruded	16—18
		50	2細胞期 Two-celled stage	〃
	2	00	4細胞期 Four-celled stage	〃
	2	30	8細胞期 Eight-celled stage	〃
	3	00	16細胞期 Sixteen-celled stage	〃
	3	30	32細胞期 Thirty-two-celled stage	〃
	5	00	桑実期（回転運動） Morula stage; embryo begins to rotate	〃
	10	00	胞胚期（遊泳運動） Blastula stage; embryo begins to swim	〃
	24	00	原担輪子幼生（遊泳生活） Protrochophoral larva	〃
3	00	00	後（期）担輪子幼生 Metatrochophoral larva	〃
9	00	00	ネクトケータ幼生（底棲生活，遊泳剛毛3対） Nectochaetal larva; larva enters into sedentary life; three pair of swimming setae appears	9.7—15.6
11	00	00	〃 （棲管・疣足形成） 〃 ; tube formed; parapodia appear	〃
12	00	00	〃 （瘤状の鰓糸原基2対） 〃 ; larva beset with two pair of knob-like rudiments of branchial filament on the head	〃
14	00	00	〃 （鰓糸原基3対となり棍棒状に発達） 〃 ; the rudiments increasing in number and size to three pair of rod-like branchial filaments	〃
20	00	00	付着幼虫（鰓糸多数枝分れし，蓋形成，眼点退化的） Settled young worm; the rudiments developed into many whip-like branchial filaments; operculum formed; eye spots vestigial	〃
130	00	00	〃 （蓋二重となる） 〃 ; operculum duplicated	〃

なお，大島[4]は，受精後24時間を経た幼生は，明らかな負の走光性を示すが，成長ともに反応が衰え，付着期に近づくと，全く，この性質を失うと述べている。蓋の形成は，20日前後経てからで，100日目頃までは，一重のままで，130以後に蓋が二重となる。第2の蓋は退化的で，個体によって成長後も一重のままである場合も多い。

5．付着後の成長

定着生活へ入ってからの棲管の成長は，受精後10日を経たもので，平均管長0.35㎜，同じく管径0.15㎜，20日目で1.00×0.15㎜，50日目で3.10×0.25㎜，85日目で3.90×2.00㎜，また124日目で4.10×2.00㎜であった(図5)．大島[4]によれば，長崎県佐世保産の材料で，実験室内での飼育では，付着後15時間で管長2.5㎜，受精後16日で5—6㎜にも達し，自然の海中では，20日で30㎜にも成長したという。このような成長の差は，水温・餌料等の条件の違いによるものと思われる。

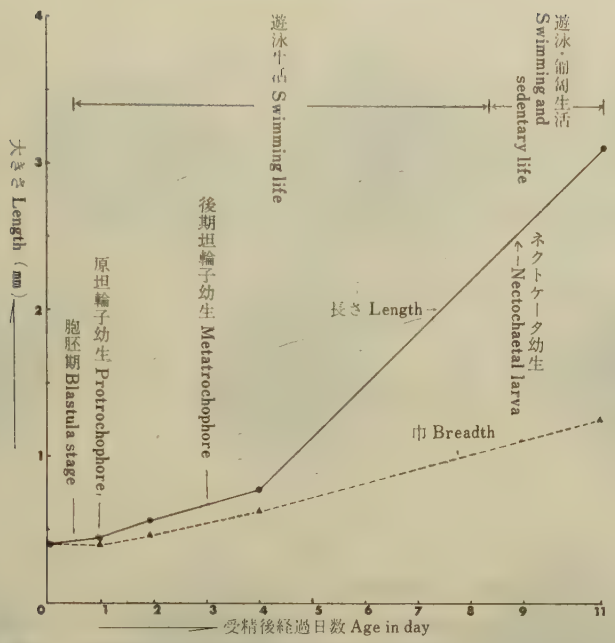


図4　受精直後から浮遊生活を終るまでの胚および幼生の成長
Text-fig. 4　Growth-rate of embryos and free-swimming larvae in *H. norvegica*.

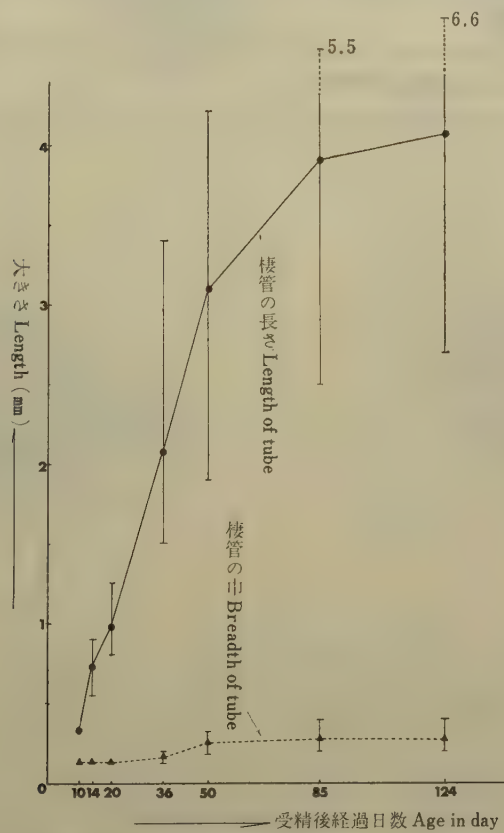


図5　定着生活後のカサネカンザシの成長
Text-fig. 5　Growth-rate of tube formed by the settled young worms in *H. norvegica*.

摘　　要

カサネカンザシの異常発生を早期に予知する目的で，初期生活史の研究を行なった。

1．卵割の様式は，多毛類に共通な全割で，等割にちかい不等割の螺旋卵割型である。

2．(1)卵は，受精後，11時間前後で胞胚期に達し，遊泳生活に入る。(2)約24時間後には，原担輪子幼生となり，3日後には，後期担輪子幼生となる。(3)9日目ころにはネクトケータ幼生となり，半ば遊泳，半ば底棲の生活を営み，10—11日で定着生活に入る（図版Ⅰ—Ⅲ，表1）。

3．受精後125日間の胚，幼生および棲管の成長を測定し，その推移を図示した（図4，5）。

4．幼生の浮遊期間は，水温・餌料により，多少異なるが，ほぼ一週間前後と見られ，かなり短かい。したがって，浮遊幼生の定量調査は，発生を早期に予知する方法としては，余り効果は期待できない。

文　　献

1）団勝磨・久米又三・他：環形動物。（無脊椎動物発生学），135—155，培風館，(1957).

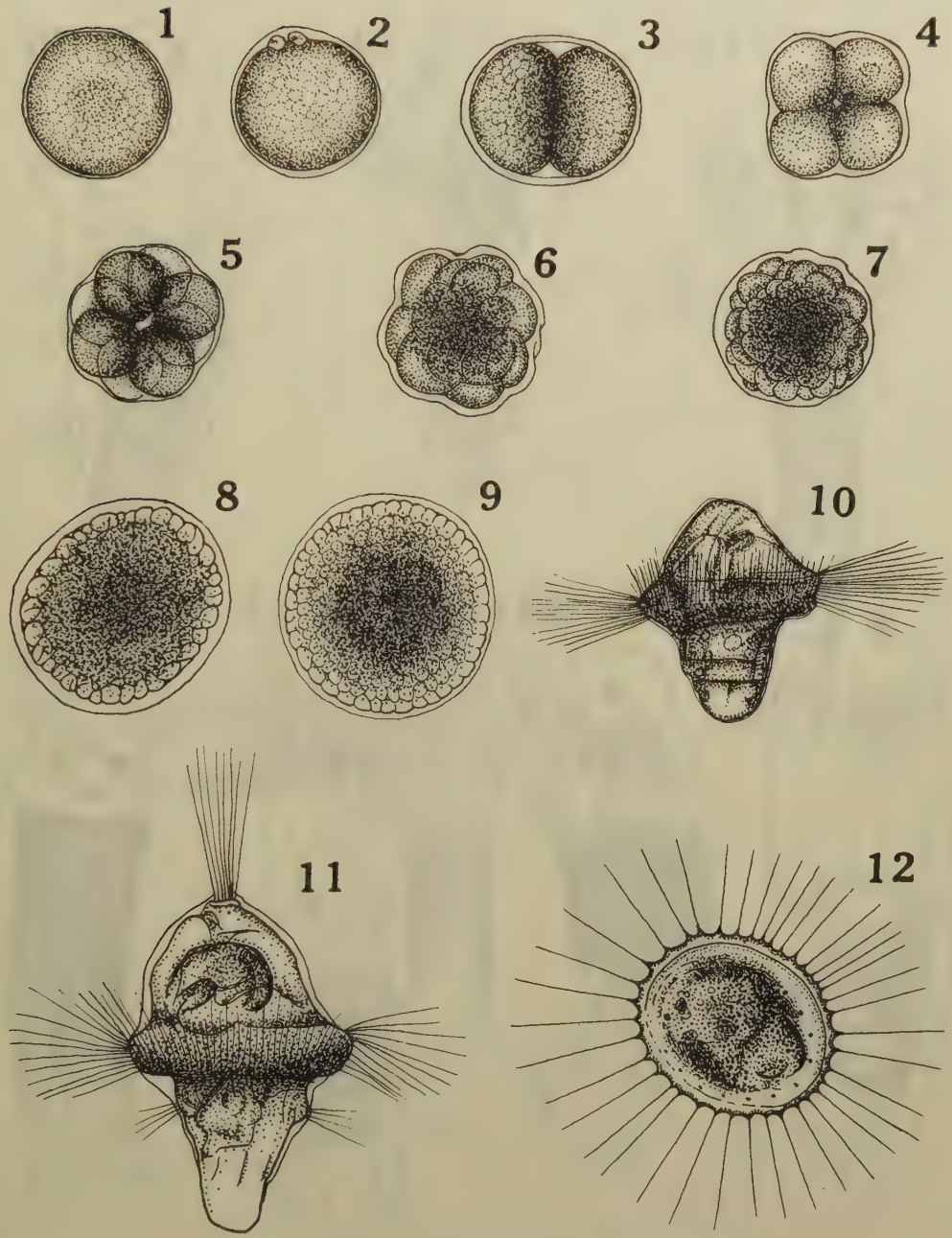
2）GRAVE, B. H.: *Hydroides hexagonus*. (In "Culture Methods for Invertebrate Animals" ed. by LUTZ, F. E. et al.): 185-187, Dove Publications, Inc., New York, (1959).

3）OKUDA, S.: Studies on the Development of Annelida Polychaeta I. Jour. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ., Zool., 115-219, (1946).

4）大島広：ヒドロイデス（所謂セルプラ）に就て〔昭和13年度船底付着生物及船底塗料に関する研究協議会講演集〕技研雑報第237号（技研理雑報第98号）：35—46，(1939).

5）SOULIER: Sur les Premiers Stades Embryogeniques des *Serpula infundibulum* et *Hydroides pectinata*. CR Acad. Sci., 126:1666-1669, (1898).

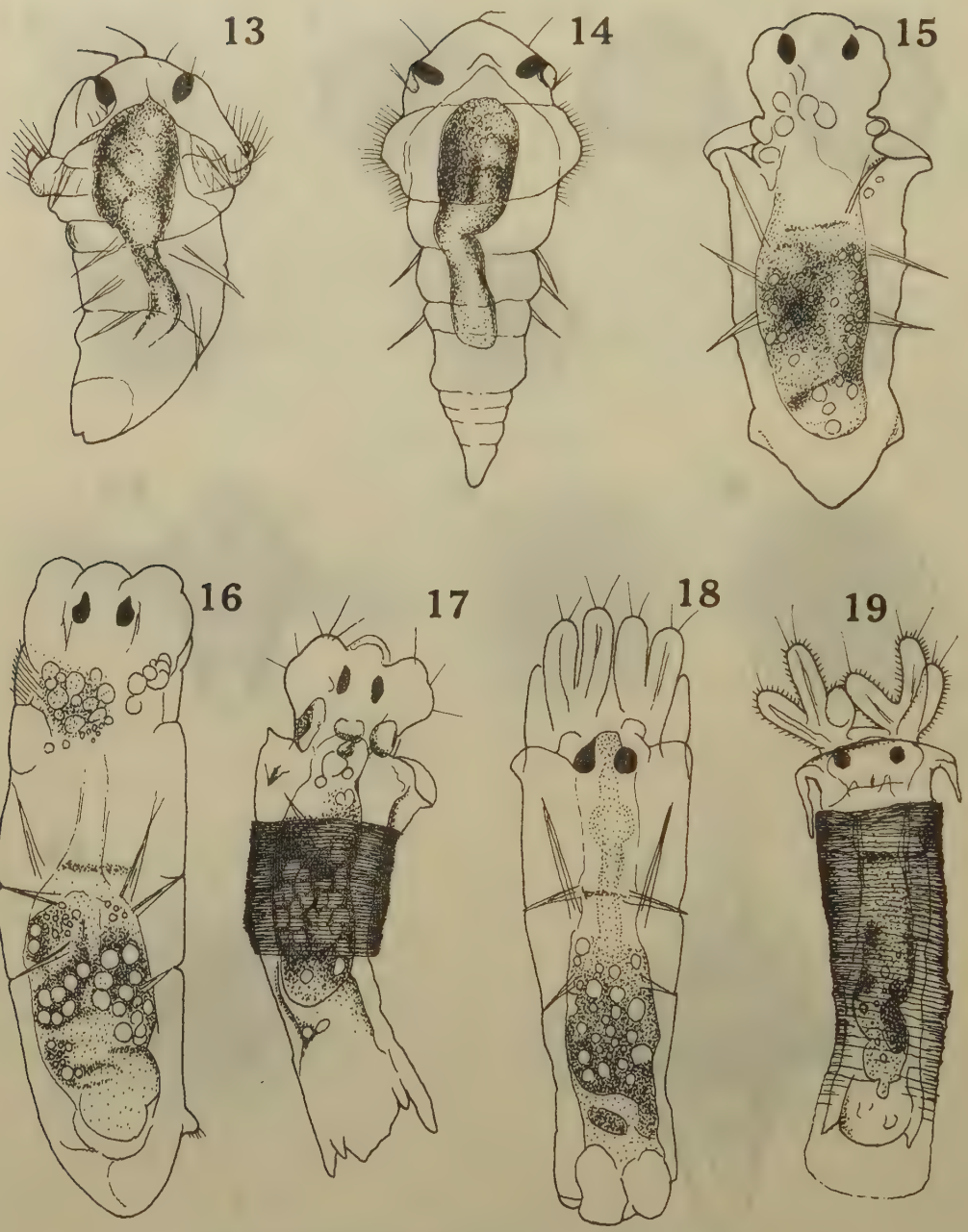
図版 **Plate I**



図版Ⅰ．カサネカンザシの発生（受精から担輪子幼生まで）
1．受精卵　2．第2極体放出　3．2細胞期　4．4細胞期　5．8細胞期（螺旋分割）　6．16細胞期　7．32細胞期　8．桑実期（回転運動）　9．胞胚期（遊泳運動）　10．原担輪子幼生　11．後担輪子幼生（側面図）　12．後担輪子幼生（頂面図）

Pl. I　Early Development of *Hydroides norvegica* (GUNNERUS)
1. Fertilized egg,　2. Extrusion of second polar body,　3. Two-celled stage,　4. Four-celled stage,　5. Eight-celled stage,　6. Sixteen-celled stage,　7. Thirty-two-celled stage,　8. Morula stage,　9. Blastula stage,　10. Protrochophoral larva,　11. Metatrochophoral larva (side view),　12. Metatrochophoral larva (apical view)

図版 **Plate II**



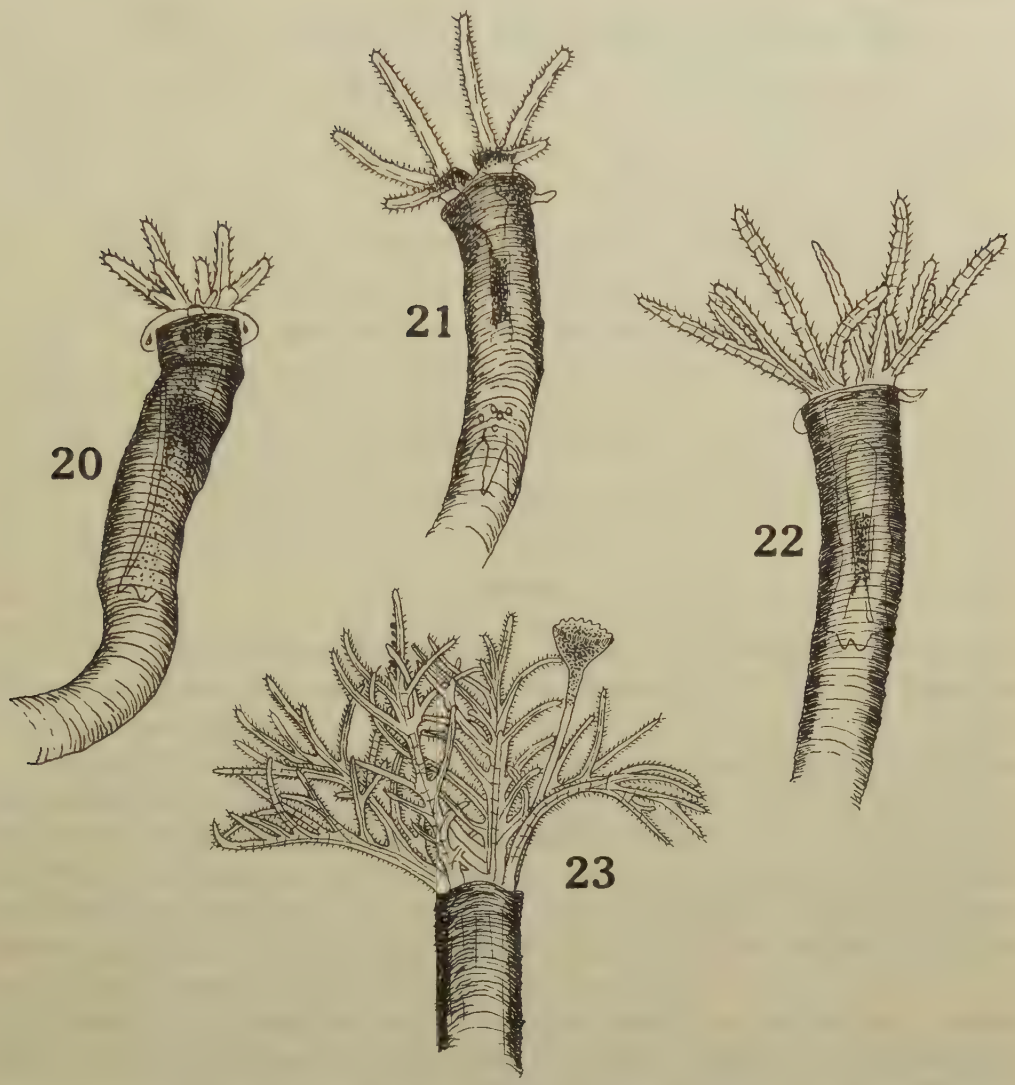
図版Ⅱ．カサネカンザシの発生（ネクトケータ幼生の変態）

13．ネクトケータ幼生（遊泳剛毛，遊泳觸鬘生活）　14．ネクトケータ幼生　15．ネクトケータ幼生（襟，疣足，定着生活）　16．ネクトケータ幼生（棲管形成，頭部に鰓糸原基）　17．ネクトケータ幼生　18．ネクトケータ幼生（鰓糸原基3裂，棍棒状）　19．ネクトケータ幼生

Pl. II　Development and metamorphosis of nectochaetal larva in *H. norvegica*.

13–19. Nectochaetal larva

図版 **Plate III**



図版Ⅲ．　カサネカンザシの発生（付着幼生の変態）

20．付着幼生　　21．付着幼生　　22．付着幼生（鰓糸叢生し，鞭状）　　23．付着幼生（蓋形成）

Pl. III　Development and metamorphosis of settled young worm in *H. norvegica*,

20-23, Settled young worm

養殖カキ付着生物の防除に関する研究—Ⅲ

カサネカンザシの淡水，飽和食塩水および干出に対する抵抗性

荒　川　好　満

Biological Studies on Prevention and Extermination of Fouling Organisms Attached to Cultured Oysters—III

Tolerances of Fresh Water, Saturated Salt Water and Sun-Drying by *Hydroides norvegica* (GUNNERUS) (Polychaeta: ANNELIDA)

Kohman Y. ARAKAWA

（挿図 Text-figs. 1–3）

Abstract

The present investigations were initiated to determine the tolerances of fresh water, saturated salt water and sun-drying by *Hydroides norvegica* (GUNNERUS) in relation to duration of exposure.

1. Mortality* of the species from exposure to fresh water rises in parallel with duration of exposure, reaching 65% of exposed worms in two hours, while the rate of vital functions* is inversely relative to duration of exposure (Text-fig. 1).

2. Within sixty minutes, the mortality of the species from exposure to saturated salt water appears to not correlate with the duration of exposure and no trend can be discerned, though the vital functions seem to be affected seriously when exposed to the solution for sixty minutes or more, falling into 0% (Text-fig. 2).

3. Tolerance of sun-drying by the present species seems to be quite peculiar in pattern unlike that of the other two mentioned above. Within one hour or so, exposure to air gives experimental worms rather beneficial effects than detrimental. But, when exposed to air more than three hours, the mortality rises to 90% of exposed worms and the rate of vital functions falls into 0% (Text-fig. 3).

養殖カキの付着生物カサネカンザシ *Hydroides norvegica* (GUNNERUS) の有効な駆除法を見出すには，その生理的限界を知る必要がある。稀釈海水に対する抵抗性については，既に大島[1]の研究があるが，ここでは，実用上の見地から，淡水，飽和食塩水および干出などの処理時間と，成虫の抵抗性ならびに生理的影響との関係について実験を行ない，考察を加えた。

なお，実験にあたって，御協力下さった中山京子さんに謝意を表する。

材料と方法

材料はすべて広島湾で採集したものを用い，1971年12月7日から1972年2月7日へかけて実験

を行なった。

淡水に対する抵抗性の実験：塊状の材料を1本ずつバラバラにほぐし，その中から健全なものを各試験群について20～30個体ずつえらび，淡水中に，それぞれ，30，60，120分ずつ浸漬した。その後，直ちに普通海水へもどし，1カ月間流水で飼育。各群毎に生死別と処理後1カ月間の棲管の伸びを調べ，対照群と比較した。

飽和食塩水に対する抵抗性の実験：同様処理した材料を，飽和食塩水（ろ過海水中に食塩を溶けるだけ溶かしたもの）中に，それぞれ，20，30，60分間浸漬した後，上と同様処理。

干出に対する抵抗性の実験：同様処理した材料を，外気中に，それぞれ，1，3，4，6時間ずつ曝した後，上と同様処理。なお，実験当日(1971年12月8日)の天候は，晴時々曇で，風力2～3，気温9.3～12.8°C（平均気温10.2°C）であった。

刺戟に対する抵抗性の表示法：ここでは，便宜上，カサネカンザシの抵抗性をあらわすのに，へい死率 Mortality のほかに，活力示度 Rate of vital functions を用いた。前者は，直接的巨視的な影響を知るのに都合がよく，後者は間接的微視的な影響を知る指標となるからである。へい死率は，処理後1カ月間，正常海水で飼育して後，棲管内に虫の有無を確かめ，空殻のものをへい死個体とみなし，それが全個体数の中で占める割合を百分比であらわした。活力示度は，予めフェルト・ペンで，棲管の前端に印をつけ，処理後1カ月間に殻が成長した個体を数え，全生残個体数中で占める割合を百分比で示した*。

実験結果ならびに考察

1. 淡水に対する抵抗性

淡水に浸漬した場合，へい死率は，時間の経過とともに上昇，120分で約65%のへい死を見た。活力示度の低下も，ほぼ同様の傾向を示すが，変化は，へい死率に見られるほど急ではなく，処理後の生活機能の回復は，かなり速やかであるように思われる。

大島[2]は，高温の生活作用の旺盛な時期に，稀釈海水のカサネカンザシに対する影響を調べ，海水と淡水を等量混ぜたもの(1.7%)では，24時間経過後も，完全には死滅しないが，4：6（1.4%）では，ほぼ全滅すると述べている。また，低温の時期(12月)の実験では，20%の濃度では，ほぼ4時間で，10%では，3時間で，また0%（淡水のみ）の場合には2時間で死滅したと報じている。大島[2]は，処理後直ちに正常海水にもどして，刺戟に反応しない個体を死亡と見なし，他方，筆者は，処理後正常海水で1カ月間飼育した後，空殻となったものを死亡と見なしている。したがって，この差は，彼我の生死の判定法の違いにもとづくものと思われる。

なお，大島[2]も指摘しているとおり，低鹹度の海水で生存し得る限界と，繁殖可能な限界とは，もちろん異るものと思われ，淡水浸漬後1カ月間正常海水で飼育し，その間に，へい死に至らないまでも，棲管の分泌形成が認められなかった（生活機能を殆んど失った）個体が，かなり高率

---

* へい死率 Mortality (%)：$\left(\frac{D}{D+S}-\frac{D'}{D'+S'}\right)\times 100$

活力示度 Rate of vital functions (%)：$\left(\frac{S}{V}-\frac{S'}{V'}\right)\times 100$

∵ D：Numbers of dead experimental worms 試験区へい死個体数
S：Nos. of survived experimental worms 試験区生残個体数
V：Nos. of survived experimental worms with re-formed tube 試験区棲管再生個体数
D′：Nos. of dead control worms 対照区へい死個体数
S′：Nos. of survived control worms 対照区生残個体数
V′：Nos. of survived control worms with re-formed tube 対照区棲管再生個体数

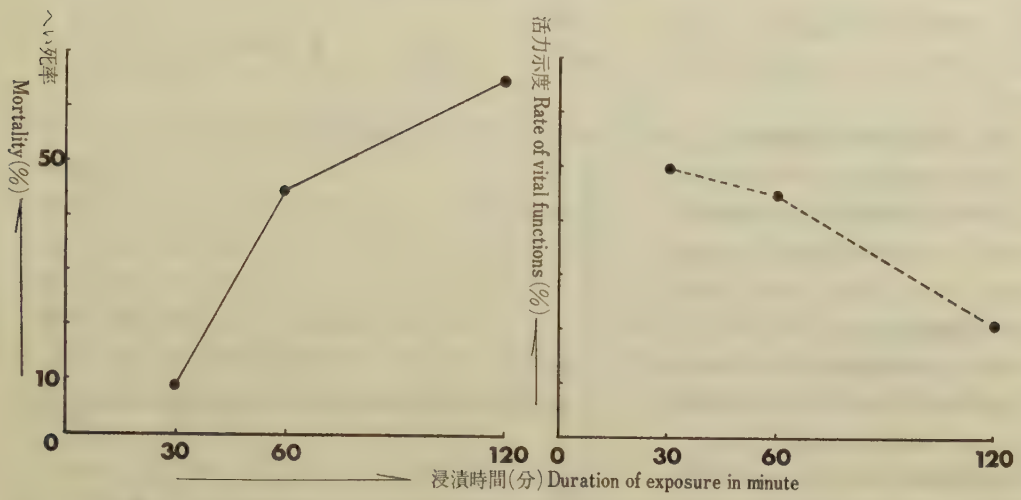


図1　淡水浸漬時間とカサネカンザシの抵抗性（左：へい死率，右：活力示度）

Text-fig. 1 Tolerance of Fresh water by *H. norvegica* in relation to duration of exposure. (Left. Mortality, Right. Rate of vital functions)

を占めるという事実は，この辺の事情を暗示するものといえよう。

2．飽和食塩水に対する抵抗性

飽和食塩水浸漬の場合，20分以上60分以内では，へい死率60〜50％で，いづれも，時間の長短による差は，ほとんどないように見受けられる。一方，活力示度では，経時的に顕著な変化が見られ，60分間浸漬した群では，へい死に至らないまでも，その後の生活機能に重大な影響をおよぼしていることがわかる。

なお，30分間浸漬群では，へい死率，活力示度のいづれをとりあげても，他の群と比較して影響が少ない。その原因は，今のところ不明であるが，浸漬処理の際，棲管内に生じた気泡のた

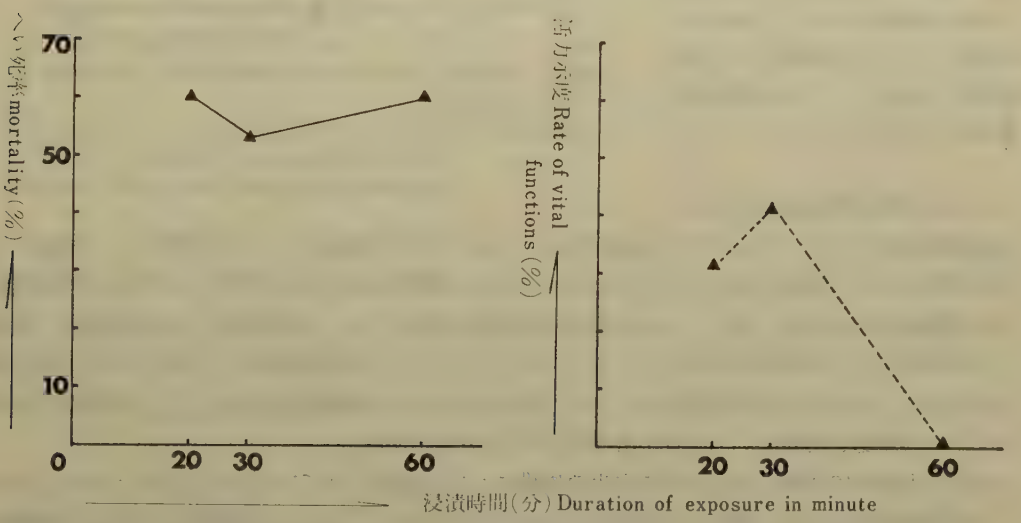


図2　飽和食塩水浸漬時間とカサネカンザシの抵抗性（左：へい死率，右：活力示度）

Text-fig. 2 Tolerance of saturated salt water by *H. norvegica* in relation to duration of exposure. (Left. Mortality, Right. Rate of vital functions)

め，材料が充分食塩水になじまなかった所為ではないかと思われる。

3. 干出に対する抵抗性

戸外の直射日光下で干出処理したものは，3時間以上の処理群では，いづれも90%以上のへい死率を示し，たとえ生残っても，その後の生活機能を殆んど失っている。一方，1時間処理群では，逆にへい死率が，対照群より17%も下回るという興味ある現象が見られ，それと符節を合するように，活力示度も，対照群に対して200%ちかい数値を示している。これが，如何なる理由によるか，現状では理論的な説明は困難であるが，カキ養殖などで一般に行なわれている「抑制」と称する干出刺戟が，カキの生活機能を活発にし，へい死率を低下させるのと似た効果をもたらすものと考えられる。

大島[2]は干出によるカサネカンザシの致死原因は，空気中にとり出された虫が，棲管内に残る少量の海水で呼吸を営むので，それに含まれる酸素の欠乏と，炭酸ガスの蓄積，ならびに乾燥による塩分濃度の上昇など，三つの要素が相乗的に作用するためとしている。

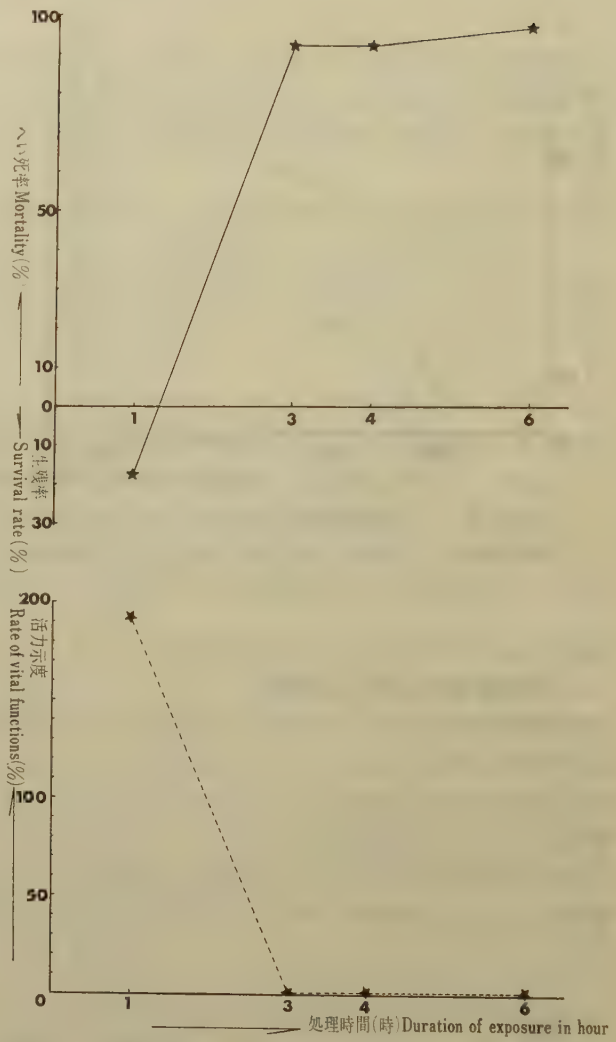


図3　干出時間とカサネカンザシの抵抗性（上：へい死率，下：活力示度）

Text-fig. 3 Tolerance of sun-drying by *H. norvegica* in relation to duration of exposure.
(Top. Mortality, Bottom. Rate of vital functions)

以上の実験結果を総合すると，各種刺戟に対するカサネカンザシの抵抗性と，それらが生活機能におよぼす影響には，刺戟の性質や時間によって微妙な差がある。たとえば，淡水と飽和食塩水浸漬の場合，後者は，比較的短時間で影響があらわれ，また，へい死率がほぼ同値の場合でも，生活機能に与える影響は，後者が一段と強い。干出刺戟の場合，カサネカンザシの生存に不利な影響があらわれるには，他の場合に比べて，かなり長時間を要する。また，他に見られない特徴的な反応として，短時間の刺戟では，生活機能を活発にし，生存に有利に作用する点である。

最近，本種の広島湾における異常発生の機構について論議されているが，さきにも述べたとおり，塩分濃度の変化は，致死的な影響をおよぼすには至らなくても，生活機能にかなりの影響を与えるようである。したがって，夏から秋へかけての降雨・出水量の変化は，その年の湾内のカサネカンザシの分布や繁殖を左右する有力な要因の一つと見ることができる。

要　　約

カサネカンザシの淡水，飽和食塩水，および干出に対する抵抗性ならびに生理的限界を知る目的で実験を行なった。

1．淡水浸漬の場合，時間が長びくにつれて影響が目立ち，へい死率は，ほぼ浸漬時間と平行して高くなる。活力示度では，これと，ほぼ逆の関係が見られるが，変化は急激ではなく，処理後の生活機能の回復は，かなり速やかと考えられる（図1）。

2．飽和食塩水浸漬では，比較的短時間（20分）で，やや高いへい死率を示すが，その後，60分までは，時間の経過に関わりなく，50～60％の範囲で，推移する。生き残った個体も，へい死には至らないまでも，生活機能にかなりの影響をこうむり，回復には，かなりの期間を要するようである（図2）。

3．干出による影響は，他とやや趣きを異にし，短時間（1時間）では，かえって，生活機能を高め，生存に有利に作用する。かなり長時間（3時間以上）を経て，高い死亡率を示し，生活機能もほとんど停止する（図3）。

文　　献

1）HILL, M. B.: The Life Cycles and Salinity Tolerance of the Serpulids, *Mercierella emigmatica* FAUVEL and *Hydroides uncinata* (PHILIPPI) at Lagos, Nigeria. Jour. Anim. Ecol., 36: 303–321, (1967).

2）大島広：ヒドロイデス（所謂セルプラ）に就て，〔昭和13年度船底付着生物及船底塗料に関する研究協議会講演集〕，海軍技術研究所技研雑報第237号，（技研理雑報第98号）：35—46（1939）.

3）SMITH, R. I.: A Note on the Tolerance of Low Salinities by Nereid Polychaetes and its Relation to Temperature and Reproductive Habit. Ann. Biol., 33:93–107, (1956).

広島県における気象とノリ作況との関係—Ⅱ.

昭和45，46年度ノリ漁期中の特異気象ならびにノリ生育との対比

猪　子　嘉　生

Relations Between Weather and Cultured Laver (*Porphyra* spp.) Crops—II.

Comparison of Growth of Cultured Laver to Anomalies in Meteorological Conditions During the Harvest Season in the Culture Years of 1970 and 1971

Yoshio INOKO

(挿図 Text-figs. 1–11)

これまで気象とノリの生育または作況との関連についていくつかの報告があるが[1)2)3)4)]，これらはいずれも月単位または漁期の過半にわたる気象と作況に関するものである。しかし，日常，よく経験されるのは，半旬から旬単位くらいのより短期の気象変動と生育の関連である。従って，この点に関して多くの報告で指摘がみられるが，気象変動の特異性が明かでなかったり，漁期中のある時期についてだけの部分的指摘であることが多い。

45，46年度の2か年，気象資料についてデータ標準化の方法を試み，漁期中の特異気象を検証するとともに，ノリの生育，生産状況と対比してかなりよい一致をみることができたので，報告する。

資料および方法

気象資料は広島地方気象台資料[5)6)]を用いた。気象要素は気象概況表の平均気圧を除く9要素を選び，すべて旬計値を用いた。平年平均，分散計算のための統計期間，年数は昭和30～44年度の15か年とした。

データ標準化の方法：$X' = (X_i - X_0)/\sqrt{V}$

ここで X'：標準化されたデータ，X_i：i年（本年）観測値，X_0：平年平均値，V：不偏分散

なお，降水量は正規化[7)8)]のため対数，平方根，立方根の3種の関数変換を検討した結果，最も正規性のよい立方根変換を用いた。

ノリ生育状況はノリ養殖概況調査表と観察結果を要約した。生産状況は共販結果を用いた。

結果および考察

気象変動の状況を図1，2に示す。生育概況，生産概況を表1，2，3に示す。過去15年間の最高，最低値，範囲，平均値，標準偏差および平均値の季節変化は付表，付図に示す。

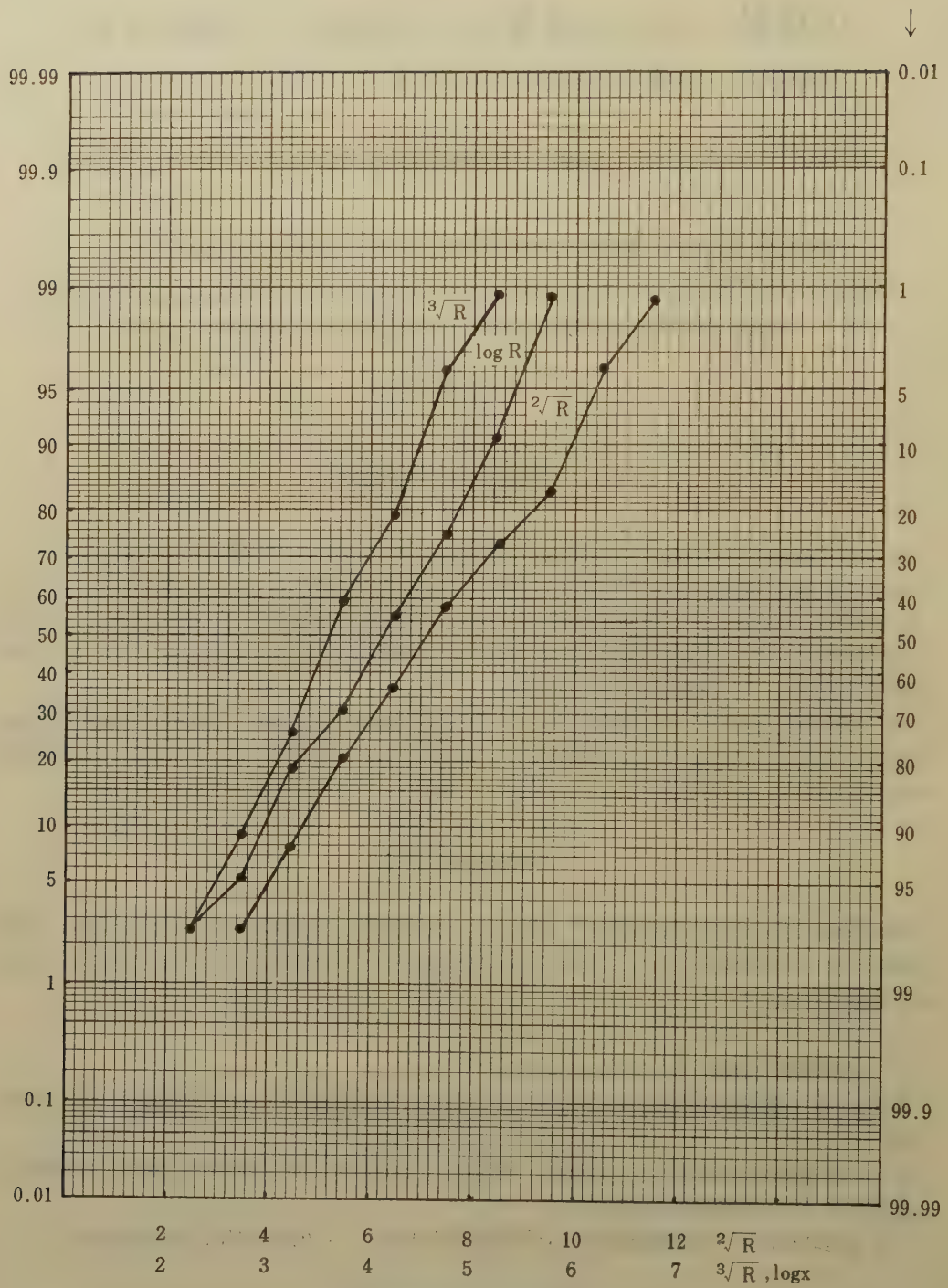


図1　月間降水量の分布の正規性

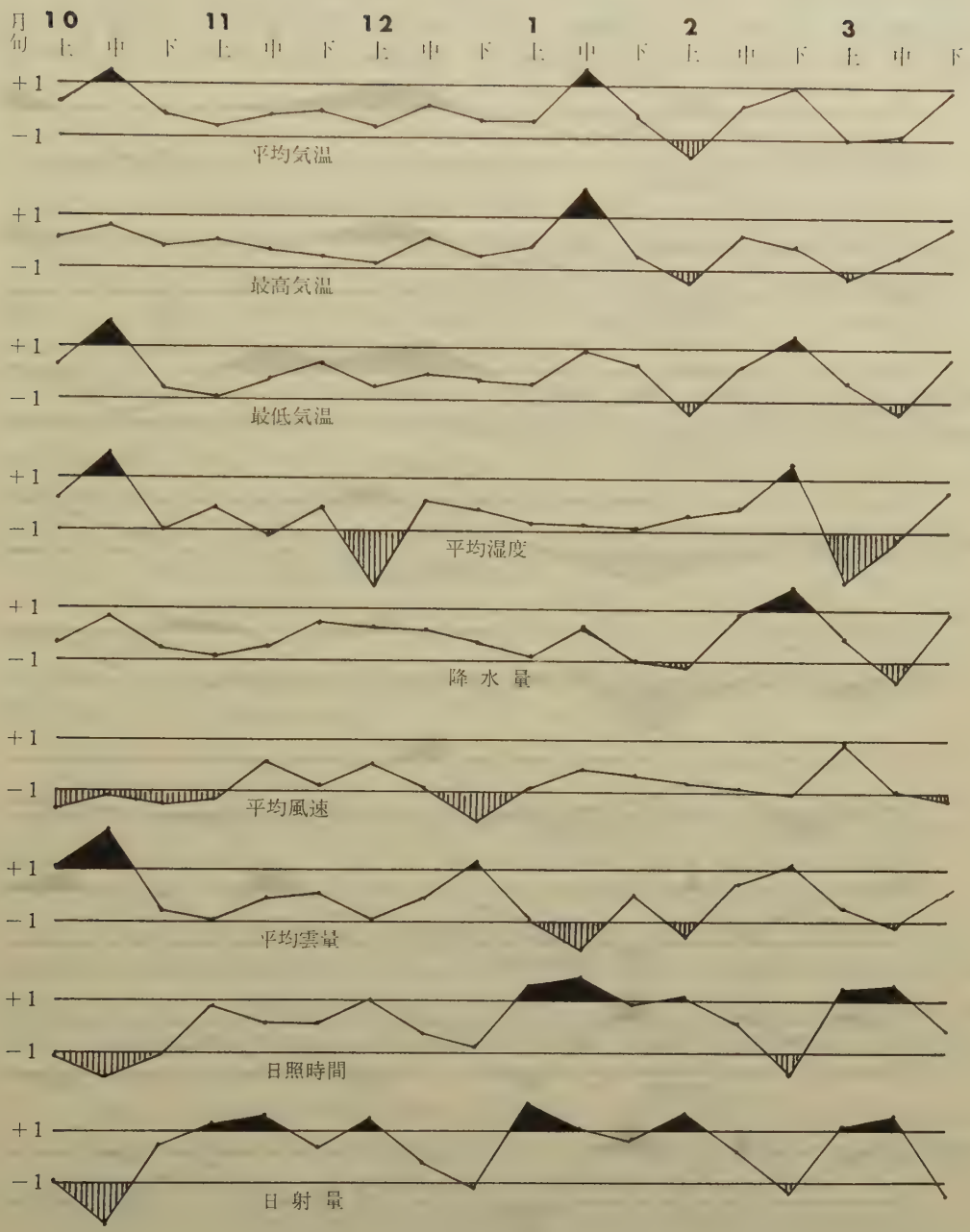


図2　昭和45年度ノリ漁期中の気象変動

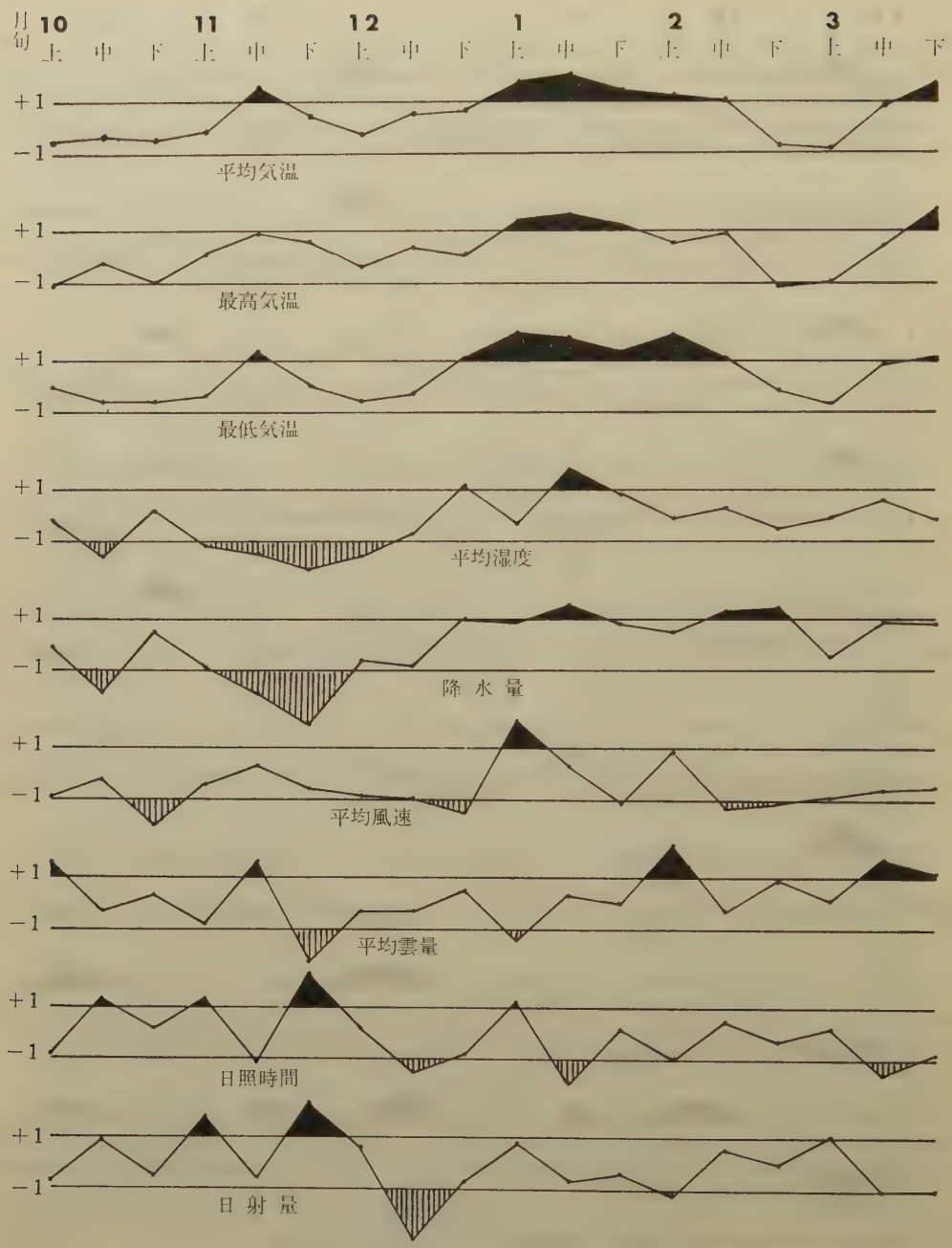


図3　昭和46年度ノリ漁期中の気象変動

データを標準化すると，平均値が0，分散が1となるから，便宜的ながら標準偏差の範囲内のものを平年並み，その範囲を越えるものを特異値として取扱うことにし，図1，2のように強調して示した。この方法により45，46年度ともそれぞれ気象経過をつぎの各期に分けることができる。

45年度気象経過

10月上，中旬：平均湿度を始め9要素中の7要素に特異値が示され，極めて特異な旬といえる。別途日別資料[6]についてみると，上旬末から中旬末にかけて10日間も雨天が続いている。降水量はむしろ少ないくらいであるが，毎日少量ずつあり，雲量，湿度が高く，日照，日射が少なく，風のない日の連続である。また，最高気温が平年並みで最低気温が高いことは，気温は高目というより日変化が極めて少ないことが，特異とみられる。

10月下旬～12月下旬：この2か月間は，1，2の要素について特異値が示されても，数種の要素にわたることがない。そして，いずれも短期間で連続していないことから，この間は比較的順調な気象経過といえる。ただし，日射量はかなり多目とみられる。また，10月上旬以来ずっと降水量が平年並みで，まとまった降雨が1旬もない点が注目される。

1月上，中旬：上旬は日照と日射の大に過ぎないが，中旬は平均気温，最高気温，平均雲量の大が加わり，晴天続きの異常高温強光期とみられる。

2月上，下旬：本年度始めての本格的冷え込みと平年並み以上の降水が，それぞれ2月上旬と下旬にみられる。

その他：2月上旬以降は概して気象変動が激しい。すなわち，好気象も悪気象も長続きせず短期間でめまぐるしく変動している。

ノリ生育との対比

10月上，中旬：さきの特異気象下で大半の網が10日間もの長期にわたって乾燥不足に陥ったと思われる。この時期ケイソウ，アオノリ，網のヨゴレが多く，増芽，生育が遅れた状況とよく一致する。

10月下旬～12月下旬：平年並みのほぼ順調な気象経過に応じ，福山地区*以外は11月下旬に生産開始12月上旬に本格生産へ達している。12月中，下旬は平年並みの気象化にもかかわらず，病害発生，伸びなやみ，生産漸減の結果となっているが，これまで一度も本格的冷え込みがないことから，ノリの伸び過ぎがあったこと，および下旬に静穏，風速の小が悪影響となったのではないかと考えられる。

また，鞆地区，島嶼部漁場で幼芽の時期から，松永湾では生産開始期から著しい色落ちがみられたことは，この間まとまった降水が全くなかったことと対比される。広島市の河口漁場で例年になく好調な成育がみられたのは逆の意味でやはり少雨の影響と思われる。

1月上，中旬：この時期は各地で病害が蔓延，拡大し，生育，生産状況は急速に悪化した。また，河口漁場においても顕著な色落ちがみられたが，秋期以来の少雨と日射過多の影響と対比される。生産の最盛期に当るべきこの時期にこのような状況で，本年の不作が決定したようである。本県の主漁場である福山地区は，前月すでに秋芽網を撤去，残る冷蔵網も早期出庫のためこの時期に病害にかかり，やはり不作を決定してしまった。

---

* 10月中旬以降，芽いたみ症からしだいに疑似白くされ症へ病害が移行，拡大し，著しい不調不作を示した。これは当地区が早期採苗，低張りの傾向のため特異気象時の障害が大きかったこと，加えて漁場環境変化と密植の影響のため，他地区と異なる結果になったと思われる。

表1　昭和45年度ノリ生育概況

月	旬	生育概況
10	上	採苗開始，胞子放出良好
	中	ケイソウ，アオノリ多し。芽落ち目立つ。発芽，増進遅れる。
	下	肉眼視，二次芽徐々に増加。依然ケイソウ，ヨゴレ多し。生育の遅れ1～1.5潮
11	上	鞆，島嶼部色落ち，芽いたみやや回復。西部芽落ち続く。
	中	福山，尾道白くされ発生，伸びなやみ。冷蔵入庫網は不良，西部回復に向う。
	下	福山，尾道白くされ拡大，病害混入のまま摘採開始。西部順調。
12	上	福山白くされで生産なし，尾道生産中。中，西部も生産開始，量は少ない。
	中	福山秋芽網大半撤去，出庫開始。尾道，中，西部伸びなやみ，一部で赤くされ。
	下	福山やや回復か。その他前旬同様，赤くされ拡大気配。
1	上	病害のなかで若干の生産。
	中	病害拡大。色落ち顕著，冷蔵網も不調。
	下	病害漸増，終漁気配。
2	上	冷蔵網は伸び始める。やや回復か。
	中	冷蔵網から生産，秋芽網はすでに終漁。
	下	色調回復。部分的に生産。
3	上	生産は断続的で部分的。
	中	色落ち，しだいに終漁に向う。
	下	色落ちしだいに終漁に向う。

表2　昭和46年度ノリ生育概況

月	旬	生育概況
10	上	採苗開始，放出，発芽順調。
	中	増芽良好，ややつけ過ぎ。
	下	早いもの1～2cm，入庫開始，順調。
11	上	一部に病害発生，そのなかで伸長。
	中	病害一進一退，福山地区は本格生産開始。
	下	前旬に続き生産活発，他地区も開始。
12	上	病害のなかで生産継続。
	中	病害蔓延，生産減少，短期冷蔵出庫。
	下	病害拡大，生産漸減，出庫網不調。
1	上	病害さらに拡大，摘み急ぎで生産活発。
	中	秋芽網終了，出庫網不調で生産断続。
	下	病害悪化。出庫網も終了。生産停止。
2	上	やや伸び始める。生産僅少。
	中	冷蔵網好転，色調回復，生産増加。
	下	生育，生産活発。
3	上	末期の割に生産活発。
	中	色落ち，生産減少。
	下	一部で断続的に生産，ほぼ終漁。

表3　45, 46 年度ノリ共販結果*

	45 年 度			46 年 度		
1	—	—		11月27日	799万枚	6.6%
2	12月7日	389万枚	3.7	12. 12	1,015	8.4
3	12. 23	613	5.9	12. 26	1,313	10.8
4	1. 12	1,637	15.7	1. 13	2,473	20.4
5	1. 25	1,586	15.2	1. 30	1,631	13.4
6	2. 12	2,411	23.1	2. 12	821	6.8
7	2. 25	1,540	14.8	2. 27	1,197	9.7
8	3. 14	1,500	14.4	3. 15	1,557	12.8
9	3. 29	359	3.4	3. 27	1,064	8.8
10	4. 14	382	3.7	4. 17	258	2.1
	計	10,417	99.9	計	12,128	99.8

* 県漁連共販速報から集計

2月上，下旬：上旬の冷え込みと下旬の降水で，さきの病害時流出を免れたもの，あるいは高温期後の出庫網は，好影響をうけたようで，かなりの生育と生産が認められた。しかし，すでに大半の柵は被害の後で不作をもち直すまでにいたっていない。

その他，激しい気象変動のため，好気象時の好生育が長続きせず，徐々に終漁に向って行った。

46年度気象経過

10月：各旬とも1，2の要素について一時的に特異値がみられるだけで，概して平年並みの順調な経過とみられる。

11月，12月上旬：この期間は湿度，降水量の低目が顕著である。11月は年間で最も降水量の少ない月であるが，気象台始って以来の記録的少雨が示されている。11月中旬は一時的ながら，加えて各気温要素の高目があり，特異旬といえる。

12月中，下旬：前期と次期の中間期

1月上旬～2月上旬：連続して極めて顕著な異常高温（暖冬）が示される。最高気温は3旬であるが，平均気温は4旬，最低気温は実に6旬にわたる。これほど顕著な暖冬は11月の僅雨同様気象台の記録のようである。

2月中旬～3月上旬：3～4旬続いた暖冬が終了したのち，気温はほぼ平年並みに落ちついている。従って，気温について相対的に低下，安定期といえる。2月中，下旬にはかなりの降水もみられる。

3月中，下旬：気温上昇と高温，そして平均雲量の大がみられる。

ノリ生育との対比

10月：平年並みの気象経過で，順調な生育が示される。

11月，12月上旬：11月中旬の高温期に一部の漁場で芽いたみ症，疑似白くされ症の発生がみら

れる。ただし，一時的であったため他地区は軽度の病害にとどまり，例年どおり下旬生産開始，12月上旬本格生産にはいっている。

12月中，下旬：病害拡大，生育障害を示唆するような気象変動はとくに見当らないが，河口域で赤くされ病，非河口域で疑似白くされ症を主とする病害が拡大し，前旬の活発な生産が漸減，下降している。これは昨年同様，本格的冷え込みがないまま，生産開始期にはいったこと，下旬の静穏（風速の小）な天候の影響かも知れない。

1月上旬～2月上旬：記録的な高温で，前月来の病害はますます拡大し，日増しに生育状況は悪化した。上旬中はまだハタキの生産が続いたが，中，下旬は県下の生産が完全に中止された。この間に秋芽網はもちろん，早期出庫の網は大半終漁となった。

2月中旬～3月上旬：暖冬の終了と気温低下，さらに中，下旬の降雨により，ノリの色調は回復し，最盛期（1月）を過ぎた時期としては稀な活況を呈した。ただし，いずれも1月末から2月以降の出庫網で，早期出庫網との相違が顕著であった。

3月中，下旬：気温上昇と高温とともに，断続的な生産からしだいに終漁となる。

これまで気象変動をみるためには，平年差または平年比を用いる場合が多いようであるが，この方法ではデータは＋とーの2群に分けられるだけで，平年並みとすべき範囲とそれをはずれる範囲の区別ができない。従って，ノリの生育になんらかの変化があるとき，ノリ養殖関係者はその技術者通念から，気象変動が些少の場合でもこれを関連づけてしまい易いようである。ここでは便宜的ながら，標準偏差の範囲内をすべて平年並みとして取扱うことにより，平年並みの気象変動の下ではほぼ通常の生育*を，そして，いくつかの要素にわたって特異値が現われるとき，大きな生育，生産状況の変化または異常を認めることが多かった。気象現象は数100㎞の範囲にわたって同様の傾向が認められるとされているとおり，45年度の特異気象とその影響については，山口県でも同様のことが確かめられている[11]。

気象台の季節予報[12]は一般向きとするため平年並み，やや高目（低目），かなり高目（低目）の表現で，5段階の予報を行なっているが，それぞれ出現確率が40%，20%，10%の範囲を基準としているという[13]。従って，やや高目からやや低目までの範囲が，ほぼ標準偏差の範囲に相当することになる。予報に「かなり高目」または「かなり低目」の表現が現われることは稀であるが，これらが多ければ生育変動の予知から，早目の対策措置が可能となろう。

なお，ここに用いた各気象要素の旬計値の分布の正規性については，吉持[14]が平均気温，最高気温，最低気温について確かめている。降水量については図3に示す。その他についてはこんごにまちたい。また，こんごはノリの生育状況の数量的表現を工夫しなければならないと考える。

摘　　要

1. ノリ漁期中の気象概況資料について，データ標準化の方法を試み，45，46年度ノリ漁期中の特異気象を検証するとともに，ノリの生育と対比してかなりよい一致をみた。
2. 45年度の特異気象として，10月中旬の高湿，無風，低日照と1月中旬の高温，強光が指摘され，10月中旬はノリ網の乾燥不足からケイソウ附着，増芽不良と，1月中旬は急速な病害拡大と色落ちと対比された。
3. 46年度の特異気象としては，11月の僅雨と1月の異常高温があげられ，それぞれの時期に著しい色落ちと病害拡大を認めた。

* 病害発生はあっても軽微で，かなりの伸長がみられる状態

4．また，その他の時期においても，気象変動に対応して生育状況が好転したり，悪化したりする点を確かめた。

文　　献

1）片田実：昭和42年度日本農学大会水産部会講演，No. 389，(1967)．
2）依佐方人：愛知県における気象要因とノリ生産の関係について，浅海増殖中央協議会研究会報，16，(1969)．
3）猪子嘉生：広島県における気象とノリ作況との関係，昭和44年度指定調査研究（ノリ増養殖）報告書（広島県)，(1970)．
4）木村知博：気象条件からノリの生産量を推定する方法について，水産増殖，18(２)，(1970)．
5）広島地方気象台：水文気象，(1965～1969)．
6）広島地方気象台：広島県気象月報，(1969～1972)．
7）鈴木栄一：気象統計学，新気象学叢書，(1968)．
8）川畑幸夫：水文気象学，応用気象学大系，(1961)．
11）冨山昭：昭和45年度ノリ作況と特異気象について，山口県内海水水産試験場報告，２，(1972)．
12）広島地方気象台：中国地方季節予報，(関西気象協会)，(1970～1972)．
13）広島地方気象台：中国地方季節予報のための各気象要素の階級区分（プリント)，(1970)．
14）吉持昭：広島の旬平均気温について，研究時報，11(８)，(1959)．
15）吉持昭：広島の旬間最高気温・最低気温の度数分布について，研究時報，15(６)，(1963)．

付　図

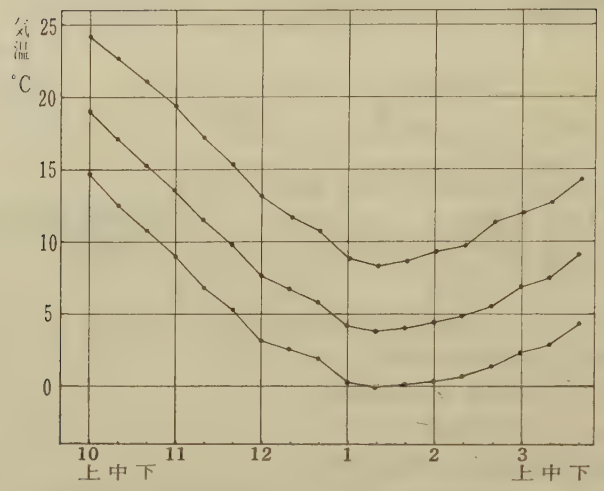


図4　ノリ漁期中の旬平均最高気温，平均気温，最低気温

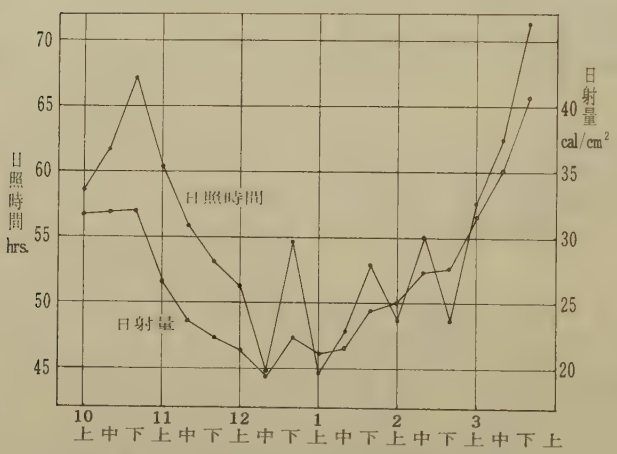


図5　ノリ漁期中の旬日照時間，日射量

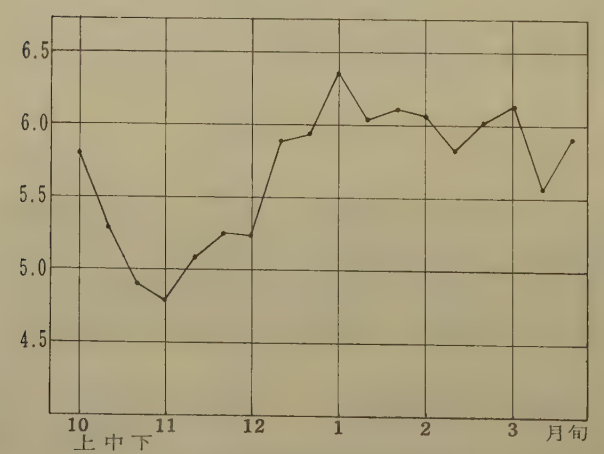


図6　ノリ漁期中の旬平均雲量

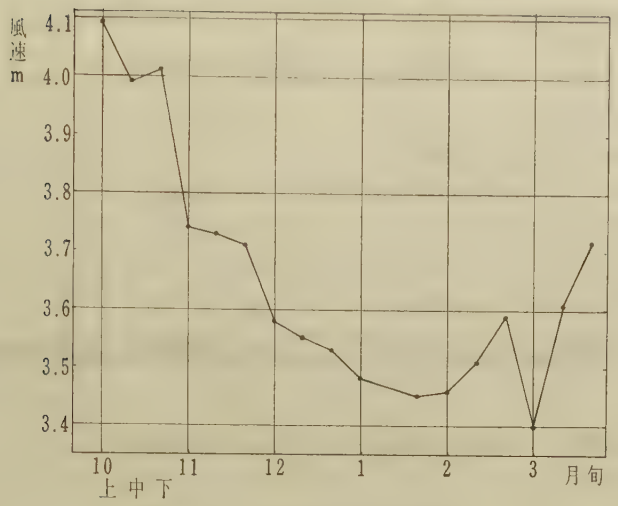


図7　ノリ漁期中の平均風速

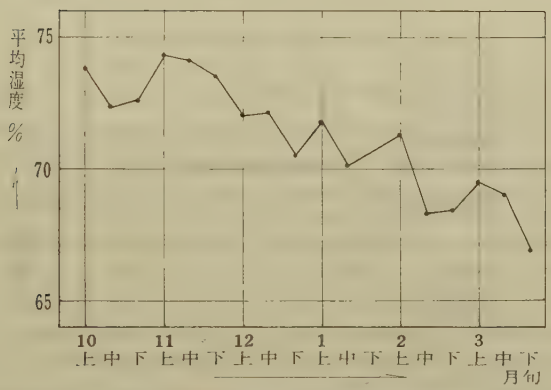


図8　ノリ漁期中の平均湿度

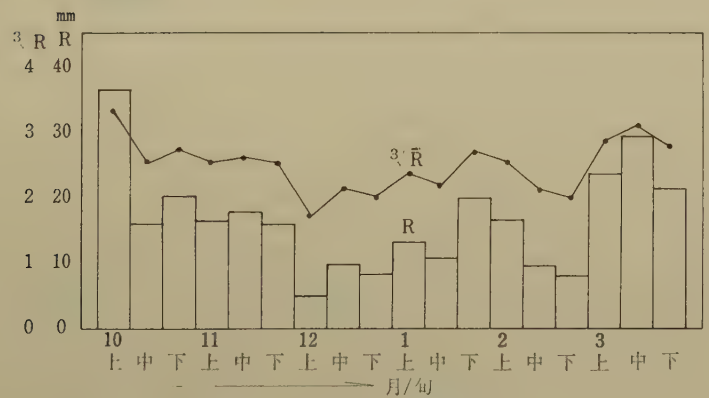


図9　ノリ漁期中の旬間降水量

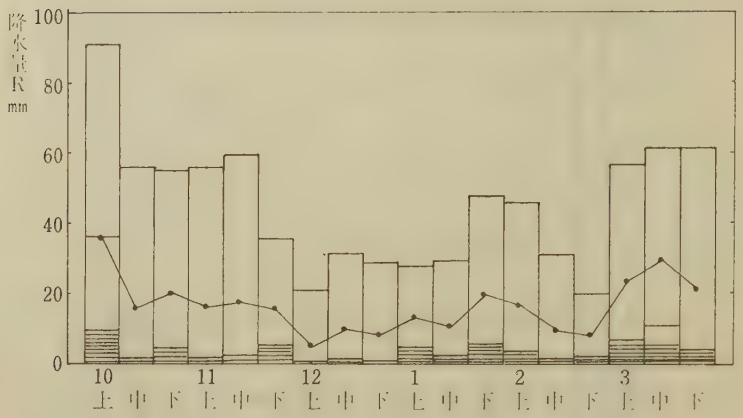


図10　ノリ漁期中の降水量（平年平均，平年並みの上限，下限）

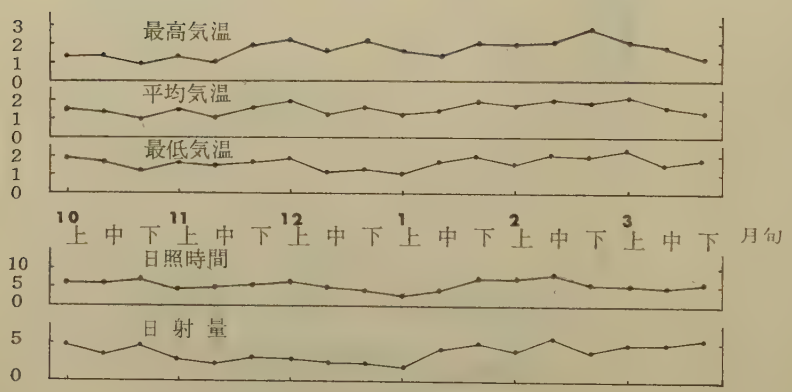


図11　各気象要素の標準偏差

付　表

（広島県における気象とノリ作況の関係）

月	旬	1. 平均気温 MAX	MIN	R	M	SD*	2. 最高気温 MAX	MIN	R	M	SD*
10	上	22.5	17.2	5.3	18.89	1.50	27.2	22.1	5.1	24.09	1.31
	中	19.6	14.9	4.7	16.95	1.34	25.4	20.8	4.6	22.57	1.33
	下	17.1	13.7	3.4	15.21	0.90	23.3	19.4	3.9	21.01	0.93
11	上	16.5	10.3	6.2	13.49	1.48	22.0	16.7	5.3	19.31	1.26
	中	12.6	9.7	2.9	11.35	0.99	19.0	15.8	3.2	17.07	0.95
	下	12.4	6.9	5.5	9.70	1.61	18.6	11.3	7.3	15.33	1.93
12	上	12.5	4.9	7.6	7.53	1.86	18.1	9.9	8.2	13.09	2.24
	中	8.7	4.4	4.3	6.69	1.22	14.0	8.9	5.1	11.73	1.60
	下	8.6	2.9	5.7	5.77	1.61	14.6	6.3	8.3	10.77	2.22
1	上	6.4	2.4	4.0	4.20	1.21	11.4	5.8	5.6	8.79	1.61
	中	6.2	1.4	4.8	3.83	1.39	10.7	5.4	5.3	8.33	1.44
	下	7.8	0.5	7.3	4.00	1.93	11.4	4.4	7.0	8.63	2.07
2	上	7.3	1.2	6.1	4.39	1.65	13.9	6.0	7.9	9.25	1.99
	中	8.7	2.3	6.4	4.76	2.04	13.0	6.2	6.8	9.69	2.05
	下	7.8	2.7	5.1	5.53	1.80	18.6	7.6	11.0	11.32	2.82
3	上	10.5	4.3	6.2	6.86	2.05	15.4	8.5	6.9	11.97	2.06
	中	9.9	4.1	5.8	7.47	1.64	15.0	8.2	6.8	12.65	1.84
	下	11.2	7.0	4.2	9.05	1.32	16.2	12.7	3.5	14.34	1.21
10		19.4	15.8	3.6	16.96	0.91	24.3	21.3	3.0	22.43	0.75
11		13.0	10.1	2.9	11.51	0.84	19.1	15.9	3.2	17.23	0.97
12		8.9	4.4	4.5	6.64	1.21	14.0	8.9	5.1	11.79	1.52
1		5.7	1.4	4.3	4.01	1.03	10.7	5.5	5.2	8.58	1.13
2		7.7	2.1	5.6	4.81	1.54	13.0	6.6	6.4	9.81	1.67
3		9.5	5.4	4.1	7.81	1.16	15.1	9.9	5.2	13.01	1.29

* MAX：最高値，M：平均値
　MIN：最低値，SD：標準偏差
　R　：範囲，CV：変動係数

3. 最低気温　　4. 平均湿度

月	旬	MAX	MIN	R	M	SD	MAX	MIN	R	M	SD	CV
10	上	19.3	11.9	7.4	14.57	1.94	83	65	18	73.8	4.90	6.4
	中	16.0	10.0	6.0	12.43	1.68	77	67	10	72.3	3.88	5.2
	下	12.9	8.6	4.3	10.65	1.23	77	67	10	72.6	2.59	3.4
11	上	12.4	5.4	7.0	8.85	1.68	81	65	16	74.3	3.60	4.7
	中	9.3	4.3	5.0	6.67	1.48	81	70	11	74.1	3.39	4.4
	下	7.9	2.6	5.3	5.20	1.68	80	67	13	73.5	4.02	5.3
12	上	8.4	0.5	7.9	3.03	1.93	80	67	13	72.0	3.76	5.1
	中	4.5	0.7	3.8	2.50	1.14	82	58	24	72.1	5.61	7.5
	下	3.9	−0.4	4.3	1.96	1.26	76	65	11	70.5	3.00	4.1
1	上	2.3	−1.2	3.5	0.27	1.02	76	68	8	71.8	2.78	3.7
	中	2.3	−3.0	5.3	−0.12	1.60	76	65	11	70.1	3.91	5.4
	下	4.9	−2.7	7.6	0.14	1.92	83	65	18	70.7	4.37	6.0
2	上	2.7	−3.3	6.0	0.34	1.56	82	62	20	71.3	5.42	7.3
	中	5.3	−1.8	7.1	0.58	2.08	83	59	24	68.3	6.40	9.1
	下	4.0	−2.0	6.0	1.25	1.95	77	62	15	68.4	4.85	6.9
3	上	6.4	−0.3	6.7	2.29	2.19	78	64	14	69.5	4.22	5.9
	中	5.5	0.6	4.9	2.79	1.45	77	61	16	69.0	5.30	7.4
	下	7.3	1.3	6.0	4.25	1.74	77	57	20	66.9	5.18	7.5
10		16.0	10.4	5.6	12.55	1.31	75	68	7	72.8	2.14	2.9
11		8.4	5.1	3.3	6.89	0.98	77	71	6	73.9	1.83	2.4
12		5.0	0.2	4.8	2.41	1.14	77	63	14	71.4	3.25	4.4
1		1.7	−2.2	3.9	0.11	1.03	76	67	9	70.9	2.42	3.3
2		3.8	−2.2	6.0	0.69	1.48	75	63	12	69.3	3.03	4.2
3		5.1	0.6	4.5	3.14	1.33	75	62	13	68.3	3.35	4.7

5. 平均雲量

月	旬	MAX	MIN	R	M	SD	CV
10	上	7.2	3.5	3.7	5.80	1.14	19.1
	中	7.2	3.7	3.5	5.29	0.92	16.7
	下	7.9	2.3	5.6	4.90	1.62	31.9
11	上	6.9	2.5	4.4	4.78	1.20	24.2
	中	6.6	3.4	3.2	5.08	1.14	21.7
	下	7.7	3.5	4.2	5.25	1.09	20.0
12	上	7.3	2.4	4.9	5.23	1.43	26.4
	中	8.1	4.3	3.8	5.88	0.98	16.1
	下	7.0	5.0	2.0	5.93	0.53	8.6
1	上	7.1	4.2	2.9	6.35	0.74	11.2
	中	7.5	4.4	3.1	6.03	0.83	13.4
	下	8.4	3.7	4.7	6.12	1.32	20.9
2	上	8.1	4.5	3.6	6.07	1.17	18.6
	中	8.5	3.7	4.8	5.83	1.32	21.8
	下	8.7	4.2	4.5	6.03	1.39	22.2
3	上	8.2	4.1	4.1	6.14	1.17	18.4
	中	7.4	4.0	3.4	5.57	1.06	18.3
	下	7.2	4.0	3.2	5.91	0.96	15.7

6. 平均風速

月	旬	MAX	MIN	R	M	SD	CV
10	上	5.9	3.4	2.5	4.09	0.63	14.9
	中	4.9	2.9	2.0	3.99	0.51	12.4
	下	4.8	3.3	1.5	4.01	0.40	9.6
11	上	4.2	3.1	1.1	3.74	0.33	8.6
	中	4.5	3.1	1.4	3.73	0.51	13.1
	下	4.7	3.1	1.6	3.71	0.50	13.0
12	上	4.3	3.0	1.3	3.58	0.46	12.4
	中	4.7	3.0	1.7	3.55	0.41	11.2
	下	4.2	3.1	1.1	3.53	0.29	7.9
1	上	3.8	3.1	0.7	3.48	0.20	5.7
	中	4.2	3.0	1.2	3.59	0.41	11.0
	下	4.1	2.8	1.3	3.45	0.42	11.7
2	上	4.5	2.8	1.7	3.46	0.51	14.1
	中	4.4	2.6	1.8	3.51	0.47	13.1
	下	4.4	2.8	1.6	3.59	0.44	11.9
3	上	4.0	2.8	1.2	3.40	0.35	9.8
	中	4.8	2.8	2.0	3.61	0.51	13.7
	下	4.6	3.3	1.3	3.72	0.44	11.5

7. 降 水 量 ($\sqrt[3]{R}$)

月 旬	MAX	MIN	R	M	SD	CV	(M+s)′	M′	(M−s)′*
10 上	5.64	0.93	4.71	3.31	1.23	36	91.1	36.3	9.5
中	4.33	0.00	4.33	2.51	1.37	53	56.2	15.8	1.7
下	4.41	0.00	4.41	2.72	1.12	40	54.9	20.1	4.4
11 上	4.78	0.00	4.78	2.53	1.34	51	56.2	16.2	1.9
中	4.07	0.00	4.07	2.60	1.34	50	59.3	17.6	2.2
下	3.65	1.22	2.43	2.51	0.80	31	35.3	15.8	5.3
12 上	3.31	0.00	3.31	1.70	1.09	62	20.8	4.9	0.3
中	3.70	0.00	3.70	2.13	1.05	48	31.3	9.7	1.4
下	3.43	0.00	3.43	2.02	1.07	51	28.7	8.2	0.9
1 上	3.44	1.00	2.44	2.35	0.70	29	27.8	13.0	4.7
中	3.62	0.74	2.88	2.19	0.92	41	29.2	10.5	2.2
下	4.10	0.58	3.52	2.70	0.96	34	47.8	19.7	5.5
2 上	4.11	0.00	4.11	2.54	1.07	41	45.5	16.4	3.4
中	4.20	0.58	3.62	2.11	1.06	49	30.7	9.4	1.3
下	3.43	0.93	2.50	1.98	0.74	36	19.7	7.8	2.0
3 上	5.43	0.84	4.59	2.86	1.01	34	56.6	23.4	6.6
中	4.37	0.79	3.58	3.08	0.89	28	61.2	29.2	10.9
下	4.60	0.00	4.60	2.76	1.22	43	61.2	21.0	3.9
10	6.05	3.27	2.78	4.62	0.76	16	153.1	98.6	58.9
11	5.86	3.19	2.67	4.17	0.67	15	112.0	72.5	43.6
12	4.55	1.86	2.69	3.24	0.84	25	66.9	34.0	14.2
1	4.54	2.98	1.56	3.82	0.46	12	77.9	55.7	38.3
2	5.10	2.21	2.89	3.61	0.66	18	76.8	47.0	26.2
3	6.20	2.90	3.30	4.42	1.01	22	156.6	86.4	41.1

* M′, (M+s)′, (M−s)′：$\sqrt[3]{R}$をRに戻した値

8. 日照時間　　9. 日射量

月	旬	MAX	MIN	R	M	SD	CV	MAX	MIN	R	M	SD	CV
10	上	88.8	39.4	49.4	58.6	11.8	19.5	42.5	22.4	20.1	31.7	4.82	14.6
	中	81.2	38.2	43.0	61.7	11.6	18.2	38.1	28.1	10.0	31.9	3.51	10.5
	下	87.1	42.2	44.9	67.2	14.1	20.3	38.9	24.8	14.1	32.0	4.71	14.1
11	上	77.8	42.0	35.8	60.3	9.4	15.0	30.1	20.0	10.1	26.6	2.91	10.5
	中	76.1	41.3	34.8	55.9	10.4	18.0	28.6	20.6	8.0	23.6	2.31	9.4
	下	71.5	31.6	39.9	53.0	11.1	20.3	27.1	17.2	9.9	22.3	3.16	13.6
12	上	75.7	34.1	41.6	51.2	12.7	24.0	27.2	18.1	9.1	21.4	3.05	13.7
	中	58.3	21.1	37.2	(44.7)	9.6	20.7	23.4	15.0	8.4	19.4	2.58	12.8
	下	71.8	44.2	27.6	54.6	7.5	13.3	27.0	18.8	8.2	22.4	2.37	10.1
1	上	52.4	37.5	14.9	44.6	5.4	11.6	23.9	18.5	5.4	21.1	1.82	8.3
	中	61.2	32.7	28.5	47.9	7.8	15.8	27.7	11.3	16.4	21.5	4.42	19.7
	下	76.5	23.2	53.3	52.9	14.6	26.7	32.3	12.5	19.8	24.4	5.17	20.3
2	上	69.4	23.0	46.4	48.7	14.9	29.5	32.2	17.4	14.8	25.0	4.00	15.3
	中	72.1	16.9	55.2	55.1	16.9	29.7	34.9	16.6	18.3	27.4	5.81	20.3
	下	65.6	27.5	38.1	48.7	11.7	23.2	32.3	21.2	11.1	27.6	3.88	13.5
3	上	75.6	35.6	40.0	57.6	10.7	17.9	39.2	20.1	19.1	31.6	4.84	14.7
	中	82.6	43.5	39.1	62.5	10.2	15.8	41.6	25.7	15.9	35.1	4.88	13.3
	下	90.8	49.6	41.2	71.3	12.4	16.8	52.5	32.1	20.4	40.7	5.39	12.7

三原湾漁場環境調査*

橋本俊将・溝上昭男・平田貞郎・堀田正勝
大内　晟・木村知博・橋本茂明**

Hydrographical, Biological and Social Survey of Fishery Grounds in Mihara Bay in Relation to Pollution by Industrial Waste and Sewage

Toshimasa HASHIMOTO, Akio MIZOKAMI, Sadao HIRATA, Masakatsu HOTTA, Akira ÔUCHI, Tomohiro KIMURA and Shigeaki HASHIMOTO

（挿図 Text-figs. 1–14）

目　　次

まえがき
1．社会経済的調査
(1) 水域周辺の都市産業の現状と将来計画
(2) 水域周辺の漁業の概況
2．理化学的調査
(1) 潮流
(2) 気象条件
(3) 地理的条件ならびに河川の流量，水質
(4) 三原湾周辺の汚濁負荷量および窒素流入量
(5) 水質調査
(6) 底質調査
3．生物学的調査
(1) 生物相調査
(2) 生物試験
4．要約

ま　え　が　き

沼田川河口水域の漁場環境保全のための基礎資料を得る目的で，三原港を中心とし，佐木島，細島で囲まれた水域を対象に，昭和46年4月から47年3月までの間，陸上よりの汚染ならびに漁場環境の理化学的，生物学的調査を実施したので報告する。

この調査は，水産庁の昭和46年度全国漁場環境保全基礎調査委託事業として実施したものである。なお，本調査で底生生物の査定をしていただいた東海区水産研究所北森良之介博士，観測に

* 全国漁場環境保全基礎調査，委託事業

** 広島県農政部水産課

協力いただいた三原市農林課可児英昭係長，宮原正紀技師ならびに広島県尾道農林事務所水産課浜井正章係長，津田耕治技師，加藤明技師に厚くお礼申し上げる。

1. 社会経済的調査

(1) 水域周辺の都市産業の現状と将来計画

沼田川河口部に位置する三原市は城下町であったが，昭和11年，市制がひかれた頃より，化学繊維工業，機械工業など工業都市として発展を続けてきた。昭和39年には，近隣の福山市，尾道市などとともに備後工業整備特別地域の指定を受け，今後の発展が期待されている。

表1に人口および世帯数の推移，表2にに産業別就業者数の推移，表3に業種別の事業所数，従業者数および製造品出荷額を示す。昭和40年以降，事業所数，従業者数は微増ないしは横ばい傾向にあるが，出荷額は40年当時の2倍以上に増大している。

1日の排水量 100トン以上の工場，事業場の概要を表4に示す。三原市8万人口の上水必要量は，工業用水と合せて年間 8,669,000㎥（昭和45年度実績）を必要とし，その大部分は，沼田川

表1　人口および世帯数の推移　（三原市）

区分＼年次	35 年	40 年	45 年	40～45年の増加率
	人	人	人	%
人口	80,395	82,175	82,621	0.5
世帯数	19,278	21,334	22,967	7.7

（国勢調査）

表2　産業別就業者数（15才以上）　（三原市）

産業別＼年次	就業者数		35～40年の増加	
	35 年	40 年	増加数	増加率
	人	人	人	%
総数	38,178	39,699	1,521	4.0
第1次産業	9,063	7,096	△ 1,967	△ 21.7
農業	8,670	6,843	△ 1,827	△ 21.1
林業	95	26	△ 69	△ 72.6
漁業	298	227	△ 71	△ 23.8
第2次産業	15,357	17,024	1,667	10.9
鉱業	113	49	△ 64	△ 56.6
建設業	2,788	3,442	654	23.5
製造業	12,456	13,533	1,077	8.6
第3次産業	13,754	15,571	1,817	13.2
卸売小売業	5,382	6,191	809	15.0
金融保険業	405	567	162	40.0
運輸通信業	2,594	3,000	406	15.7
電気ガス業	139	149	10	7.2
サービス業	4,420	4,852	432	9.8
公務	814	812	△ 2	△ 0.2
分類不能	4	8	4	100.0

（国勢調査）

の表流水，伏流水でまかなわれている（都市上水5,660,857㎥，　工業用水3,008,143㎥）。45年における工業用水の使用量は，表5に示すとおり，淡水，海水それぞれ約12万トン/日で，化学繊維工場からの排水量が多い。

三原市では，公共下水道は整備されておらず，現在三原市公共下水道事業基本計画を策定中である。一方，し尿の処理は，現在約7万人分が計画収集されており，その処理は大半がし尿処理場（42年完成，能力80kℓ/日）で処理され，海洋への投棄は行なわれていない。

今後の地域開発計画としては重要港湾である糸崎港の整備計画が進められているほかは，市と

表3　業種別事業所数，従業者数および製造品出荷額（45年）　（三原市）

区分 / 業種別	事業所数	従業者数	製造品出荷額
		人	百万円
総数	301	15,753	107,040
食料品	105	1,132	6,392
繊維	3	1,318	2,747
衣服その他の繊維製品	9	64	81
木材，木製品	12	178	380
家具，装備品	42	278	679
パルプ，紙，同加工品	6	149	796
出版，印刷，同関連	11	85	134
化学工業	6	3,389	27,973
ゴム製品	5	50	46
窯業，土石製品	11	351	2,144
金属製品	33	825	1,784
一般機械器具	19	6,223	55,279
輸送用機械器具	25	1,454	7,545
その他製造業	14	257	1,061

（工業統計）

表4　主な工場，事業場の概要（排水量 100㎥以上）

番号	工場・事業場名	資本金	従業員数	主要製品名	排水量	所在地
		百円	人		㎥/日	
1	広島食鶏三原共同処理場	2,500	112	ブロイラー	200	三原市新倉町
2	中国酪農協同KK	9,040	57	牛乳・乳酸菌	320	三原市沼田西町
3	広島果実農協連食品部	13,435	200	みかん缶詰	1,000	豊田郡本郷町
4	東洋繊維KK三原工場	85,000	1,050	麻糸・麻合繊混紡糸	4,500	三原市城町
5	トスコ加工KK	1,500	170	紡績糸漂白加工	358	三原市城町
6	帝人（KK）三原工場	28,440,000	—	ナイロン糸・レーヨン糸	90,500	三原市円一町
7	帝人化成(KK)三原工場	6,000	133	メチプロン	500	三原市円一町
8	アートライト工業KK	8,800	161	フエノール樹脂積層品	900	三原市西野町
9	アイカ中国KK	6,000	40	接着剤	200	豊田郡本郷町
10	三協化成(KK)三原工場	9,000	47	香料中間物	720	三原市宮沖町
11	㈱佐賀組生コン工場	1,000	20	生コン	140	三原市西野町
12	三菱重工(KK)三原製作所	10,040,000	5,800	化学・印刷機械	7,308	三原市糸崎町
13	富士金属工業KK	400	70	機械物品の表面処理	204	三原市寿町
14	三原し尿処理場	—	6	—	2,100	三原市沼田東町七宝

（県資料）

しての総合的な地域開発計画はない。

港湾整備計画における海面埋立は，5ヶ所，288千㎡ が予定されており，既に一部の地区では埋立工事が進められている。

(2) 水域周辺の漁業の概況

当水域における漁業権の設定状況を図1に，漁業操業の状況を表6に示す。

表5　水源別工業用水量（45年）（三原市）

水源別		1日当り用水量
淡水	公共水道(上水道)	10,509 トン
	伏流水	23,740
	井戸水	5,281
	その他	5
	回収水	82,290
	小計	121,825
海水		121,510
合計		243,335

（注）従業員30人以上の事業所（44事業所）のものである。　（工業統計）

表6　主な漁業種類別経営体数（三原地区）

漁業種類＼年次	41	42	43	44
底びき網	23	14	15	16
刺網	8	12	11	9
釣り，はえなわ	46	35	48	61
船びき，地びき網	7	5	7	6
採貝，採藻	9	10	5	3
その他の海面漁業	21	20	19	22
のり養殖	14	13	11	18
かき養殖	1	1	1	1
真珠養殖	2	2	1	1
計	131	112	118	137

（農林統計）

図1　漁業権および沿岸漁業構造改善事業実施図

——第1種共同　▨ 第1種区画　ノリ　○数字は第4表の工場番号

—·—第2種共同　▩ 第2種区画　真珠

……第3種共同　● 魚礁（コンクリートブロック1空㎥）数字は投入個数

釣，はえなわをはじめ各種の漁業が行なわれているが，近年，ノリ養殖もよく行なわれており，県下の主要産地となっている。

過去5ヶ年間の主要魚種別漁獲状況を表7に示す。タコの漁獲量の大きいのが特徴で，県全体の約1割を占めている。当水域の全漁獲量は県下全域の約1％を占めている。

この水域の関係組合は，三原，幸崎漁協で45年3月末の組合員数は，263人（正170人，準93人）である。

漁業振興対策および資源保護対策については，沿岸漁業構造改善事業として図1に示すとおり，給油タンクが1ヶ所設置された（昭和40年）ほか，昭和37年度以降，コンクリート魚礁（1×1×1m）が約2,400個沈設されている。また，市の事業として，タコの産卵礁（タコツボ）が毎年投入され，タコの繁殖保護が図られている。

表7　年次別魚種別漁獲量（三原地区）

（単位　トン）

魚種＼年次	41	42	43	44
ひらめ，かれい類	6	4	1	4
ぐち，えそ類	2	2	1	2
まだい	3	2	1	1
くろだい	3	2	3	3
さわら類	9	4	8	3
すずき	6	4	3	3
いかなご	78	97	85	129
その他魚類	57	30	16	31
あさり	20	21	42	51
たこ類	76	109	58	63
いか類	0	0	7	7
えび類	40	15	6	8
その他	1	1	0	0
計	301	291	234	305
のり（千枚）	342	1,269	3,058	6,967
かき（むき身トン）	X	8	7	1

（農林統計）

なお，通称“細の洲”といわれている洲は古くからタイ類をはじめとする稚仔魚の生育場として知られており，現在，マダイの標識放流などの調査が実施され，洲の保存が検討されている。

41年以降，当水域で発生した突発的漁業被害の発生状況は表8のとおりである。糸崎町地先で魚類の異常へい死事例が多発している。

表8　突発的漁業被害発生事例

発生年月日	発生場所	発生原因	被害の状況
41. 4	三原湾糸崎町地先	不明	生簀内のタイへい死
41. 8	〃	〃	生簀内のタコ，タイ，周辺のボラ，メバルへい死
41. 9	〃	〃	生簀内のハマチ，周辺のボラ，メバルへい死
41. 12	〃	〃	生簀内のハマチ，タコ，カニ，へい死
42. 7	〃	〃	生簀内のハマチ，タイ，アコウへい死
42. 12	三原湾外布刈瀬戸	タンカー衝突重油流出	ノリ網約8千枚被害
43. 1	三原湾沼田川河口	工場排水	ノリ被害
43. 1	三原湾外布刈瀬戸	船舶廃油	ノリ被害
44. 9	三原湾糸崎町地先	不明	メバル，コノシロ等へい死

（県資料）

2. 理化学的調査

(1) 潮　流

海上保安庁資料[1]による三原湾周辺の漲潮流落潮流の概況を図2に示す。しかし，現在沼田川河口域で埋立実施中で，この資料の刊行時（昭和41年）とは状況が変化しつつあるので注意を要

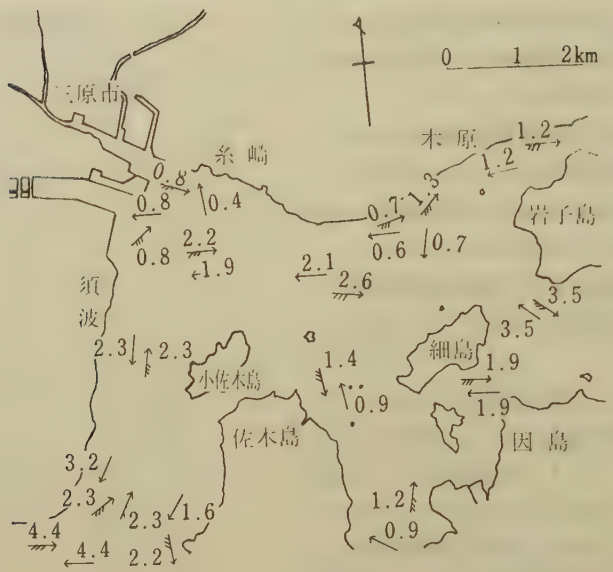


図2　三原湾周辺の潮流
（⟶ 漲潮　⟵ 落潮）

する。

この水域は島が多く，細の洲など複雑な地形によって流速にはかなり巾があり，水道部では大，島陰等では小で，0.4〜4.4ノットを示し，全般的にみると漲潮時には東流，落潮時には西流となる。

(2) 気 象 条 件

広島地方気象台の昭和46年および47年の気象月報[2)3)]によって，三原地方の気温，降水，積雪現象の状況を表9に示した。この地方は温暖寡雨で，降雪も少なく瀬戸内海型気候を示している。

表9　昭和46年1月〜47年1月の三原市の気象

要素＼月		46年1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	46年全年	47年1月
平均気温(°C)		4.1	4.6	6.7	13.5	17.3	22.2	26.5	26.6	23.0	16.3	11.8	6.5	14.9	6.2
最高気温の平均(°C)		9.3	9.2	12.4	19.2	22.4	25.8	30.4	30.9	27.1	21.0	17.2	11.8	19.7	11.3
最低気温の平均(°C)		−1.2	−0.1	1.0	7.8	12.0	18.6	22.6	22.2	18.7	11.5	6.3	1.2	10.1	1.1
合計降水量(mm)		22	34	67	60	107	174	328	115	195	69	5	39	1215	135
降水日数	≧ 1 mm	4	7	8	8	9	13	11	11	10	8	2	8	8.3	9
	≧ 10 mm	1	1	3	2	6	6	6	4	6	3	0	1	3.3	4
	≧ 30 mm	0	0	0	0	0	1	3	1	3	0	0	0	0.7	1
積雪日数		2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0
現象日数	雨	6	9	12	13	12	16	14	13	10	11	4	7	127	13
	雪	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0
	ひょう	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	あられ	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	霧	—	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	2	7	2

(3)　地形的条件ならびに河川の流量，水質

三原市は広島県の東部に位置し，東は尾道市，西は竹原市，南は因島市(因島)，豊田郡瀬戸田町（高根島）等を経て愛媛県と相対し，北は御調郡に接している。

三原市域は，東西20.6㎞，南北20.2㎞あり，北西から南東へゆるやかな傾斜をもって瀬戸内海へ向って開けている。北部には竜王山(標高665m)，大峰山（標高610m）が位置し，その西側ふもとを南東に沼田川が南下して三原湾に注いでいる。南部には鉢ケ峰（標高430m），筆影山（標高 313m）が位置している。沼田川は三原市をほぼ南北に両断し，川に接する両岸地域は狭長な平野部となっている。

三原市の海岸線は，糸崎町から幸崎町まで40.3㎞あり，沼田川を中心に沖合へ向けて扇状に開口して遠浅水域を形成している。

三原瀬戸は 20～30m の場所が多く，沼田川河口周辺で10～20m水深の場所が約 1 ㎢程度存在する。

湾底質は三原港内およびその周辺部で泥質，沖合部で砂礫質である。

沼田川は広島県のほぼ中央部，賀茂郡福富町に源を発して南東に流下し，三原市の中央を貫流して三原湾に注いでいる。その流域は，三原市，豊田郡本郷町，賀茂郡河内町，大和町，高屋町等１市７町に及び，流域面積540㎢，流路延長188㎞，幹川流路延長49.4㎞である（図３）。この年平均流量（昭和45年，46年）は，おおよそ 10m³/sec で，６月に最大値を示している(表10)。

河川の水質は，河口より 2.5㎞の地点で，DO 8.2 ppm，pH 7.0，BOD 2.0 ppm，SS 17.1 ppm 以下，河口より 4.5㎞ の地点で，DO 9.4 ppm，pH 7.0，BOD 1.0 ppm，SS 12.1 ppm 以下となっている（昭和46年度平均)。

表10　沼田川の月別平均流量（昭和45・46年）

月	平均流量 m³/sec	月	平均流量 m³/sec
1	2.82	7	14.18
2	—	8	10.86
3	—	9	20.02
4	—	10	16.37
5	6.09	11	27.57
6	23.40	12	2.46
年平均流量	12.08 m³/sec		

（注）貞助観測所における流量からの推定値。
２～４月の数値は不明

図3　三　原　湾　調　査　点

●水質，プランクトン　　◉底質，底生生物
▲岸壁付着生物　　■廃水採水点
M：泥　　S：砂　　G：礫　　Sh：貝殻

(4) 三原湾周辺の汚濁負荷量および窒素流入量

主要事業場の排水量と汚濁濃度によって，これからの汚濁負荷量および窒素負荷量を推定し，表11に示した。

表11 三原湾周辺の汚濁負荷量の推定

区分	業種又は種類	事業場数又は工場名	排水量（流量）（トン/日）	BOD（ppm）	BOD負荷量（トン/日）	COD（ppm）	COD負荷量（トン/日）	全窒素（ppm）	全窒素負荷量（トン/日）	備考
事業場	繊維	帝人	90,500	15.0	1.56	10.0～15.0※	1.56	—	—	COD負荷量は，5排水口の合計値
		東洋繊維	4,500	185.7※	0.84	203.5●	0.92	—	—	
		トスコ	358	15.0	0.01	10.0	0.01	—	—	
	機械	三菱重工	6,500	11.0	0.07	14.0※	0.09	—	—	
	化学	5	2,524	140.0	0.35	120.0	0.30	—	—	
	食品	3	1,520	380.0	0.58	300.0	0.46	—	—	
	セメント	2	810	—	—	10.0	0.01	—	—	
下水	都市下水	83,000人分	24,900	200.0	4.98	100.0	2.49	3,000	74.70	300ℓ/人/日
	し尿処理場	70,000人分	2,100	30.0	0.06	20.0	0.04	4,000	8.40	
河川	沼田川		1,036,800	2.0	2.07	—	—	0.4	0.41	
計			1,170,512		10.32		5.88		83.51	

注 1. 事業場は，排水量100トン/日以上を対象とした。繊維事業場数は3箇所であるが，事業場によりBOD値，COD値がかなり異なるので，個別にとりあげた。
2. 事業場数と下水量，および排水量は広島県資料によった。沼田川の流量は，表10から年平均12トン/secとして算出した。
3. BOD濃度およびCOD濃度中，※印は広島県資料，●印は本調査生物試験用採水時の濃度，他は昭和45年度全国漁場環境保全基礎調査（福山湾）資料から準用した。
4. 全窒素濃度中，都市下水は3g/人/日，し尿処理下水は4g/人/日とした。
5. し尿海上投棄は行なわれていない。

(5) 水質調査

昭和46年8月25日（夏期）と，昭和47年1月25日（冬期）に，各々満潮時と干潮時に図3に示した25点で調査した。

調査項目は透明度，水温，塩素量，溶存酸素量，pH，化学的酸素要求量とし，また，採水深度は0m，5m，B—1mの3層とした。

分析方法は，各項目とも公共用水域保全のための水質汚濁調査指針[4]によった。

1）46年8月25日調査

調査結果について，表層の概要を図4—1，—2に示す。

透明度：満干潮時とも三原瀬戸で4.5m以上，三原港内で2～3m以下となり，3～4mの分布域が干潮時には三原港沖0.5～0.7kmであるが，満潮時には港口から0.5km内に縮小される。

水温：満干潮時とも瀬戸部で25°C，三原港内で26°C以上と沖合より若干高めであるが，大きな差はない。沼田川では流量が少ないため，気温の時刻変化に対応して変動がみられる。この水域では上下層による水温差はあまりみられず，急潮流による混合が大きいことを示している。

塩素量：沼田川の流入で河口部と，都市下水，工場廃水によって三原港奥部で低下がみられているが，後者の影響は大きくない。

満潮時には Cl 17‰ の分布域は河口部のみで，干潮時でも河口より0.7～1.0kmの沖合にとどま

図4—1　夏期の水質

図4—2　夏期の水質

り，沼田川の影響も広い範囲に及ばない。三原港内を除き水温同様に上下層の差がない。

溶存酸素量：三原港内で 3ppm 以下の値が出現することがあったが，海域の大部分は 6ppm 以上で，これは満干潮時，上下層によって大きな差はみられなかったが，干潮時に表層の 6ppm の分布域が三原港口で若干拡大されている。

pH：三原港奥部，沼田川で8.0以下であるが，海域は 8.0～8.2の範囲であった。8.1の分布が満潮時では沼田川河口内，三原港内にとどまっているが，干潮時には三原港沖0.5～1.0㎞に拡大する。

ＣＯＤ：満潮時に三原港内および沼田川河口内で１～２ppm以上の汚染水塊があるが，三原瀬戸を中心に全般的に 1ppm 内外のところが多い。干潮時には １～２ppm の水が三原港外ならびに沼田川沖合 0.5～1.0㎞ まで分布している。５ｍ層，Ｂ—１ｍ 層は満干潮とも全般的に 1ppm 前後である。

２）47年１月25日調査

調査結果について，表層の概要を図５—１，—２に示す。

透明度：満干潮とも三原港内で２～３ｍ以下，三原瀬戸で４ｍ以上で，４ｍ以下の水域が干潮時には三原港沖 0.7㎞ にまで拡大している。これらの状況は夏期の調査時と同様であった。

水温：河川水が低温で９°Ｃ，三原瀬戸の沖合水が高温で11.5°Ｃ以上で，満潮時には沖合水が沼田川口内に入っているが，干潮時には 11.5°Ｃ 線は沼田川口より半径１㎞程度の半円形で分布している。

塩素量：三原瀬戸で18‰前後を示し，沼田川河口を中心に低塩素量域が分布していて，Cl 17.5‰以下の分布域は満潮時には河口より約0.5㎞，干潮時には約1.0㎞の沖合にまで達している。三原港内の低下は大きくなく，満潮時とも Cl 16.0～17.5‰の水域となっている。５ｍ層，Ｂ—１ｍ層の多くは Cl 18.0‰前後で上下層の差は殆んどみられなかった。

溶存酸素量：満干潮時，上下層とも８ppm以上の値を示す水域が大部分で，一部，三原港内で６～８ppmの値が出現した。

pH：満干潮時とも三原瀬戸で8.4以上，淡水の影響域でそれ以下の分布を示し，上下層の差はみられなかった。しかし，干潮時に三原港口で１ヶ所 8.0と周囲と異って低い値が出現したのが注目される。

ＣＯＤ：満干潮時，上下層とも 0.5～1.0ppm のところが多いが，三原港内で 1.0～1.5ppm 以上の値が出現した。

３）水質調査結果についての考察

ＣＯＤ２ppm 以上，透明度４ｍ以下を汚染の指標[5]としてみると，三原湾の汚濁域は沼田川河口部から糸崎地先一帯以奥にみられる。さらにＣＯＤ５ppm 以上，透明度 2.5m 以下を強汚染指標[5]としてみると，これにちかい水域が三原港奥部にみられる（St. ４；ＣＯＤ4.7ppm，透明度1.5m）。

三原港には諸種が廃水が流入しているが，特に帝人（冷却水量 60,000トンを含む日間廃水量 90,500トン，平均ＣＯＤ10ppm），東洋繊維（日間廃水量4,500トン，ＣＯＤ204ppm；本調査生物試験用採水時），三菱重工（日間廃水量 6,500トン，ＣＯＤ12.2ppm；本調査生物試験用採水時）等大手工場の廃水が汚濁負荷の主体をなしており，三原港周辺の水質に及ぼす影響は大きい。この強汚濁域について，既往の調査資料[6][7]（呉湾44年度，ＣＯＤ 4.9～8.0ppm，透明度 1.0～1.5m，福山湾45年度，ＣＯＤ 2.5～7.6ppm，透明度 0.8～1.3m）と比較してみると，呉

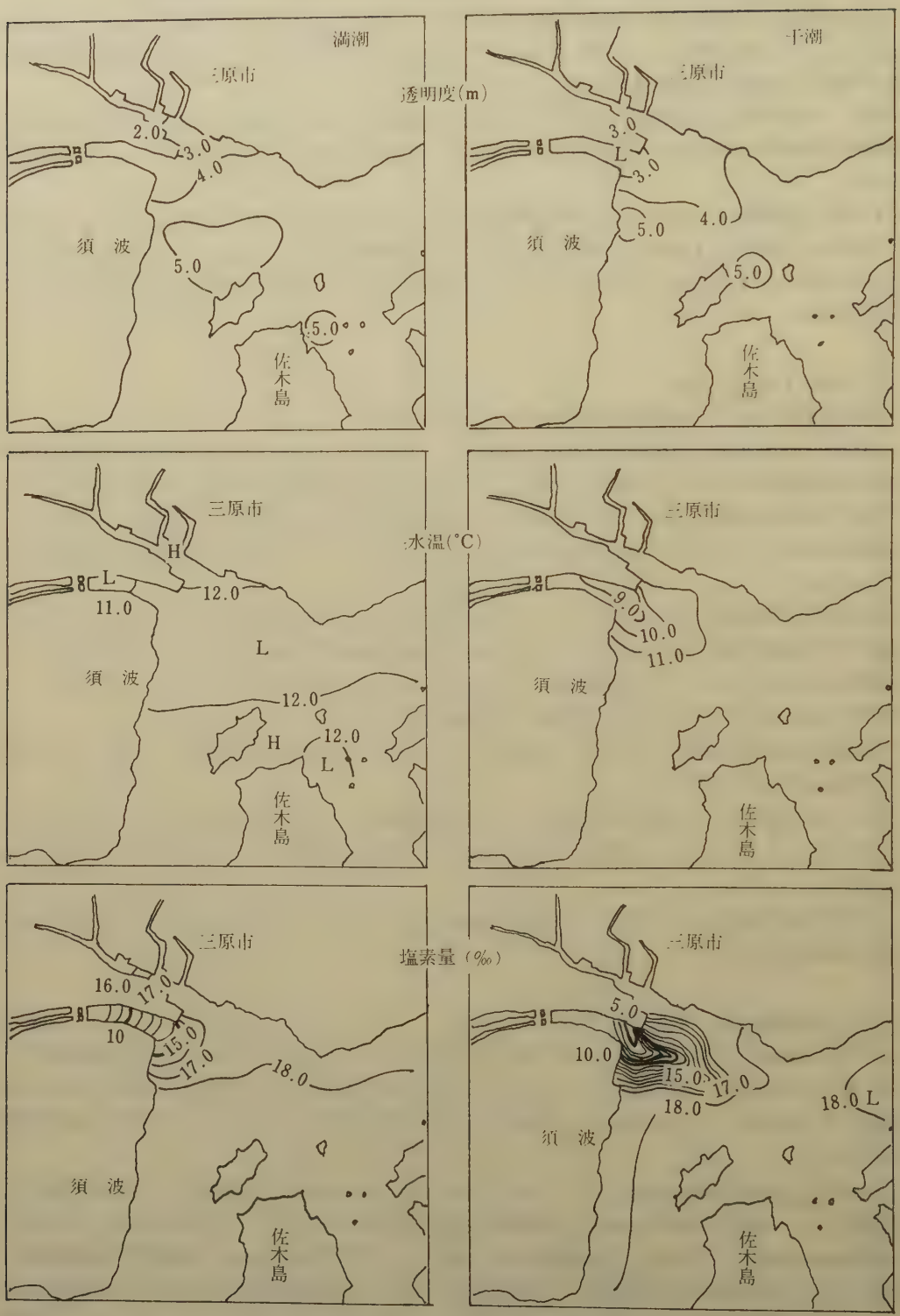

満潮
干潮
透明度(m)
三原市
須波
佐木島
2.0
3.0
4.0
5.0
水温(°C)
H
L
11.0
12.0
9.0
10.0
塩素量(‰)
16.0
17.0
10
15.0
18.0

図5—1　冬期の水質

図5—2　冬期の水質

湾，福山湾よりおおむね汚濁の進行は強くないようである。

沼田川河口部についてみると，ほぼ沼田大橋（河口から約２㎞上流）から下流の感潮域で汚染域がみられる。この水域のの汚染源としては上流にし尿処理場（日間廃水量 2,100トン）があるが，河川水の水質汚染は後述のように高くなく，感潮域の汚染は三協化成および三原港側からの汚染水の流入があげられる。河口における廃水の希釈は，河川水量と河口での水の交換速度によるが，沼田川の場合，河川水質は ＢＯＤ 2.0ppm，pH 7.0（河口より 2.5㎞上流）で，特に汚染が進んでいるとはいえない。更に河川流量（年平均流量 12.08 m^3/sec）が比較的小さいこと，潮流による河口での希釈度が大きいことから，河口周辺部は，有機汚染があまりすすんでいないとみられる。

須波地先において，ＣＯＤがやや大きく，透明度がやや低いが，その原因は不明である。沖合水域はほぼ正常状態にある。

以上を総合して調査対象水域全体をみると，三原港奥部で強度，港中・口部および沼田川河口部から糸崎地先一帯にかけて中程度，須波地先から木原地先一帯で弱汚染程度にあるとみられるが，強汚染域から非汚染域まで約２㎞と近接しているのが注目される。その主因は三原瀬戸の急潮流と考えられる。三原港は口部から奥部まで狭短な形状（長さ約1.4㎞，巾約0.2㎞）をなしており，漲潮，落潮とも平均２ノットを示す三原瀬戸に直接開口していること，平均 3.5mとかなり大きい干満差を示すことから，汚染は潮流によって三原港内から沖合へ急速に拡散・希釈されていくものと推察される。

本調査でみると，三原港奥部と港口部，河口部を除くと，全水域には特に注目すべき汚染はみられない。しかし，沼田川河口部埋立地への工場進出による新たな汚染源の発生，人口増による都市下水量等の増大が予想されるので，これらの将来像の検討を含めて漁場保全対策が望まれる。

(6) 底 質 調 査

水質調査と同じ25調査点（図３），同一時期に実施した。採泥にはエクマン型採泥器を用いた。

調査項目は，灼熱減量，全硫化物量，粒度組成，ＣＯＤとした。分析方法は各項目とも水質汚濁調査指針[4]によった。

なお，夏期には St. 16～25，冬期には St. 15～25では砂礫質等の底質のため採泥ができなかった。

１）46年８月25日調査（表12，図６）

灼熱減量：三原港内，糸崎港沼田川河口地先で10％前後を示している。

全硫化物量：１mg/g 以上を示すのは，三原港中部以奥で，帝人埋立地先から糸崎港にかけて0.3 mg/g の分布域となっている。

粒度組成：150メッシュ通過量以下の粒度組成をみると，三原港奥部と港口部から糸崎港，沼田川河口地先にかけて80％以上の分布域となっており泥質であるが，三原港水路部の一部は80％以下を示し砂泥質であった。須波から糸崎よりの沖合部は砂または砂礫質となっている。

ＣＯＤ：須波から糸崎港以北の河口部，三原港内では 10～28 mg/g の範囲にあり，著しく汚染されている調査点は認められなかった。

２）47年１月25日調査（表12，図７）

灼熱減量：三原港水路部から糸崎港にかけて10％以上の分布域が出現している。また，帝人埋

表12　底質調査結果

St.	夏期調査 (S46. 8.25) COD (mg/g)	全硫化物量 (mg/g)	灼熱減量 (%)	粒度組成 (%) (<150)	備考	St.	冬期調査 (S47. 1.25) COD (mg/g)	全硫化物量 (mg/g)	灼熱減量 (%)	粒度組成 (%) (<150)	備考
1	0.89	—	0.8	0.9		1	0.59	—	0.9	1.6	
2	4.98	0.13	5.5	70.5		2					採泥しなかった
3	7.85	0.25	5.1	21.9		3					〃
4	28.29	1.50	10.6	85.7		4	13.73	0.41	4.7	27.6	
5	22.32	0.96	7.4	66.4		5	13.54	0.32	6.2	68.2	
6	19.30	0.63	10.0	97.6		6	8.79	0.22	10.6	97.8	
7	6.61	0.43	9.4	97.0		7	5.13	0.51	9.9	99.3	
8	18.42	—	10.1	91.2		8	12.32	0.15	10.9	93.2	
9	15.27	0.13	10.1	94.8		9	10.34	0.16	9.5	94.8	
10	22.80	0.30	9.8	91.7		10	0.82	0.01	2.3	1.2	
11	7.83	—	5.7	28.0		11	3.01	0.07	5.3	34.5	
12	14.29	0.31	8.2	7.5		12	7.44	0.53	12.0	95.7	
13	0.45	0.02	11.7	4.0		13	0.72	—	9.8	1.4	
14	12.72	0.22	9.5	40.4		14	2.41	0.04	10.8	17.8	
15	8.14	0.12	7.2	46.7		15					採泥不能

注　St. 16～25は砂礫質等のため採泥不能。

図6　底質調査(夏期)

立地先の20m等深線付近の沖合にも10%以上の分布域が認められる。

全硫化物量：夏期調査時と比較して，0.3 mg/g 以上の分布域がかなり小さくなっており，また，内港部においても1 mg/g 以上を示す調査点は認められなかった。

粒度組成：夏期調査時とほぼ同様の分布を示すが，三原港奥部では夏期に80%を示したのに対し50%と小さくなっている。

ＣＯＤ：夏期調査時と比較して 10 mg/g 以上の分布域はかなり縮小され，20 mg/g 以上を示す調査点は認められなかった。

3）底質調査結果についての考察

ＣＯＤ 30 mg/g 以上，灼熱減量10%以上，全硫化物量 0.5 mg/g 以上を汚染の指標[8]としてみると，三原港中部以奥にこの分布域がみられる。三原港奥部（St. 4）では各項目とも必ずしも大きな測定値ではないが，これは粒度組成が砂まじりによるもので，粒度組成と併せて考えると著しい汚染を示している。更に上記汚染指標のうち全硫化物量 1 mg/g 以上を強汚染指標[9]としてみると，三原港奥部にこの分布域がみられる。これらは，いずれも帝人，東洋繊維，三菱重工等諸工場や都市下水等の廃水の影響を直接に受けていると考えられる。

夏，冬両期の測定値を比較してみると，冬期の値が全般に低くなっており，これは冬期に水質も含めて一般にその性状が回復することによるものと考えられる。

強汚染域の測定値を呉湾[6]（44年度，ＣＯＤ 30～54.1 mg/g，灼熱減量 20～26.7%，全硫化物量 3～7.4 mg/g），福山湾[7]（45年度，ＣＯＤ 30～36.9 mg/g，灼熱減量 10～16.9%，全硫化物量 1～1.7 mg/g）と比較するとかなり低い値を示す。この原因としては前述したように，

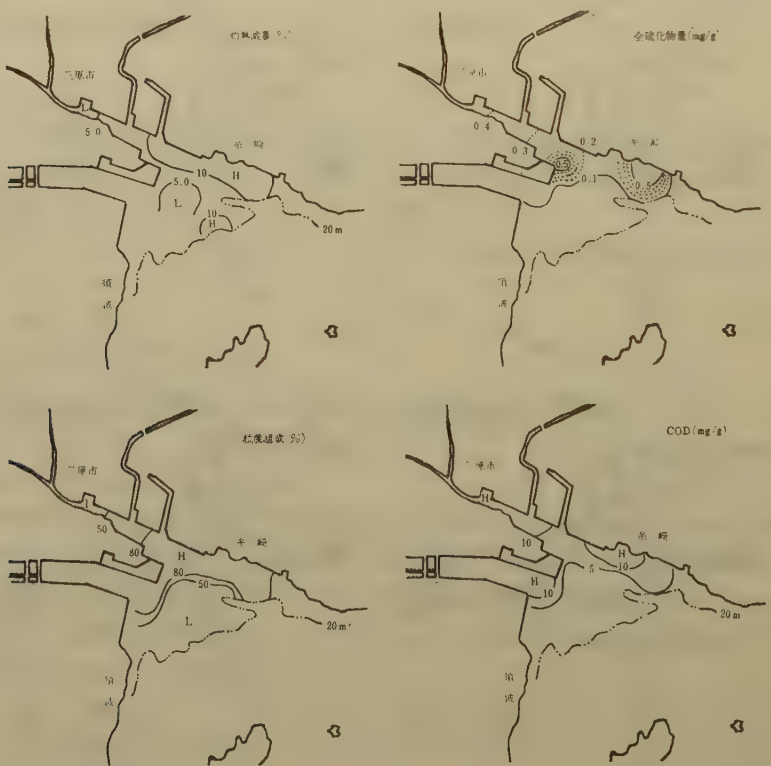


図7　底　質　調　査（冬期）

図8　底　質　汚　染　区　分

強汚染域(COD：25 mg/g 以上，TS：1.0mg/mg以上)
中　〃　(　〃　：20　〃　〃，　〃　：0.5　〃　〃)
弱　〃　(　〃　：10　〃　〃，　〃　：0.2　〃　〃)

三原港に流入する各種廃水が潮流によって早期に拡散されているためと考えられる。

三原港口部とその周辺部の St. 5 －9は，COD，全硫化物量とも冬期は夏期に比較して半分近い値を示すが，灼熱減量値は両期で差がみられなかった。

沖合部は砂礫質で調査できなかったが，この水域の St. 14, 15 の各測定値がいずれも大きな値を示さなかったことから，沖合部には汚染がおよんでいないことが推定される。この原因もやはり三原瀬戸の急潮流によるものと考えられる。

以上を総合すると，三原港奥部で強度，同港中部で中程度，港口部およびその隣接域で弱汚染程度にあると考えられる（図8）。

3. 生物学的調査

(1) 生物相調査

本調査では，三原湾における汚濁の実態を知るため，昭和46年8月および47年1月に底生生物と浮遊生物調査を，昭和46年9月に岸壁附着生物調査を実施し，その結果について検討した。調査点は図3に示す通りである。

1）底生生物

表13　三原湾にお

種名		調査年月日	昭和46年8月							
		St.	1	4	5	6	7	8	9	10
		水深（m）	—	3.0	5.0	7.0	3.0	7.0	6.0	4.0
多毛類	*Lumbrineris brevicirra*					1	8			11
	L.	sp.								
	Notomastus	sp.					3			2
	Ancistrosyllis hanaokai				1				1	
	Glycera	spp.			1					2
	Prionospio	spp.					2			
	Neanthes	sp.					1			
	Praxillella affinis							5		5
	Chaetozone	sp.						1		1
	Euchone	sp.							1	
	Sthenolepis yhleni								1	
	Nereis	sp.								1
	Pisionidae	sp.								
	Capitella capitata japonica									
	Capitellidae	sp.								
	その他の多毛類					1		1		
	種類数		欠	0	2	2	4	3	3	6
	個体数		欠	0	2	2	14	7	3	22
軟体類	*Theora (Endopleura) lubrica*	シズクガイ			2	4	2			
	Macoma tokyoensis	ゴイサギ			3					
	Chione scabra	ヒメカノコアサリ					1			
	Fabulina nitidula hokkaidoensis	ウスイロサクラガイ								
	Crassatellites japonicus	モシオガイ								
	Pelecypoda	二枚貝類								1
	Nassariidae	ムシロガイ類								1
	Fusinus perplexus	ナガニシ								
	Petrasma pusilla	キヌタレ								
	種類数		欠	0	2	1	2	0	0	2
	個体数		欠	0	5	4	3	0	0	2
甲殻類	*Squilla oratoria*	シャコ			1					
	Brachyura	カニ類								1
	Alpheus brevicristatus	テッポウエビ								
	Isopoda	ウミツナムシ類								
	Amphipoda	端脚類								
	Macrura	エビ類								
	Cumacea	クーマ類								
海綿類	Porifera	海綿類								
	Actiniaria	イソギンチャク類								
棘皮類	Zygophiurea	クモヒトデ類							1	
	Astropecten scoparius	モミジガイ								
	Schizaster lacunosus	ブンブクチャガマ					1			
	種類数		欠	0	1	0	1	0	1	1
	個体数		欠	0	1	0	1	0	1	1
総種類数			欠	0	5	3	7	3	4	9
総個体数			欠	0	8	6	18	7	4	25

*（個体数／種類数）

け る 底 生 生 物 相

25 日					昭 和 47 年 1 月 25 日												
11	12	13	14	15	1	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
13.0	25.0	19.0	26.0	17.0	0.3	5.8	6.0	7.0	6.0	1.0	6.2	13.2	16.6	21.5	13.0	21.5	27.0
2	3			3						1							
			2										1			3	
3	2		3	2													
	1		2	1					1	1			1	6			
3	1			1							1						
2/2		1						1		3/2			7/2			7/3	
			1		83	2											
39	1		3	1													
5			1														
1	1		2										1				
	1			1					1	1	3		1				
				1				1			2						
																1	
					1	550				1							
							2	2		4			3				
(21/12)*	(6/4)	(2/2)	(16/9)	(8/7)			(3/3)	(3/2)	1	(3/3)	(3/3)		(6/4)	(2/1)		(5/4)	
20	12	3	16	14	2	3	4	5	3	10	6	欠	11	2	欠	9	欠
76	16	3	30	18	84	553	5	7	3	14	9	欠	20	8	欠	16	欠
							2										
						3		1									
1	1		1	1													
			1														
			1														
	1							1								1	
1	2	0	3	1	0	1	1	2	0	0	0	欠	0	0	欠	1	欠
1	2	0	3	1	0	3	2	2	0	0	0	欠	0	0	欠	1	欠
		1			4			1			1						
	2																
	1				3												
			1		1												
										1						1	
													2/2				
		1															
			1	1													
2	1	4															
1																	
2	3	3	2	1	3	0	0	1	0	1	1	欠	2	0	欠	1	欠
3	4	6	2	1	8	0	0	1	0	1	1	欠	2	0	欠	1	欠
23	17	6	21	16	5	4	5	8	3	11	7	欠	13	2	欠	11	欠
8	22	9	35	20	92	556	7	10	3	15	10	欠	22	8	欠	18	欠

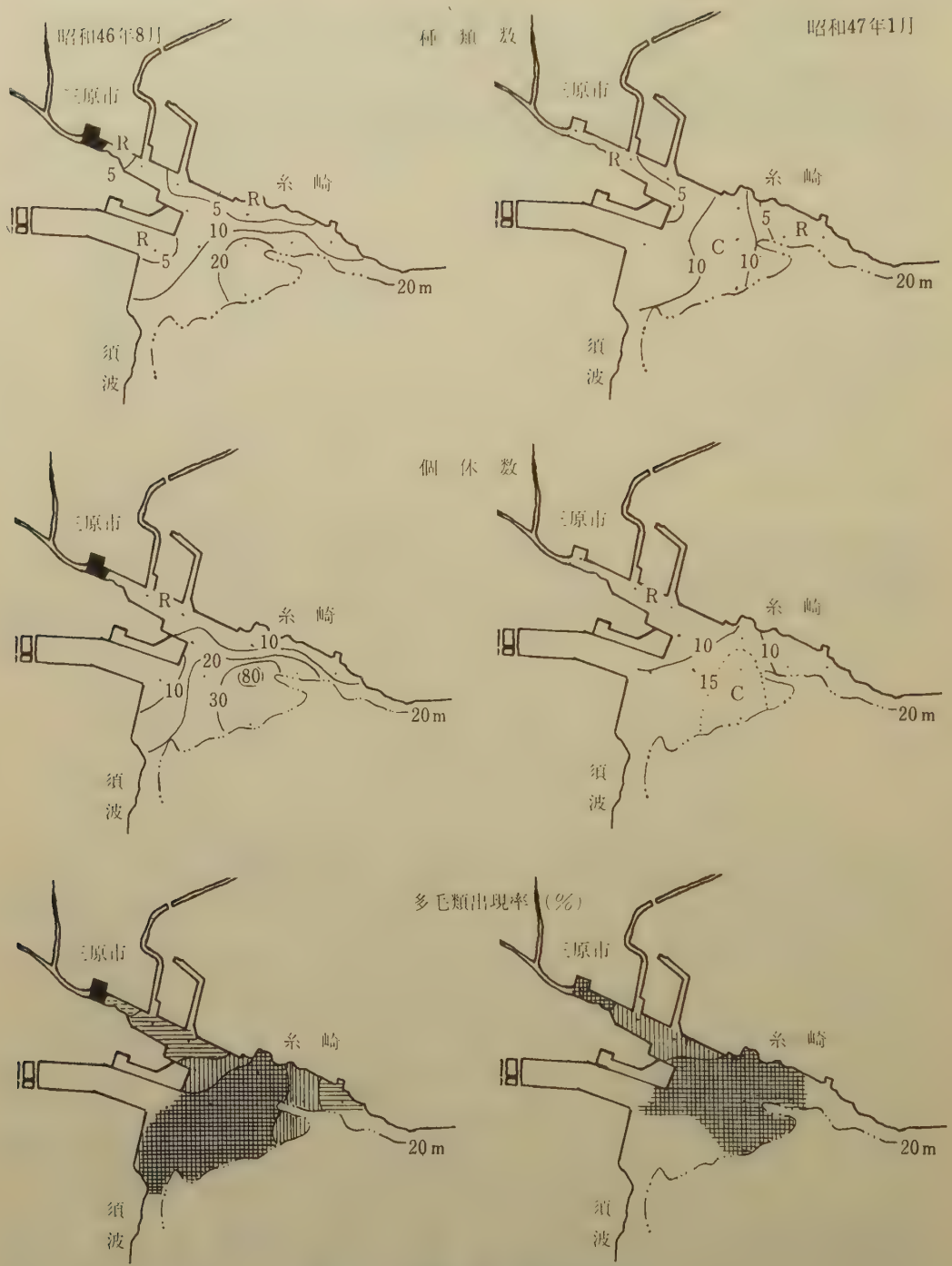


図 9　三原湾における底生生物分布

■：無生物域，▦：出現率 80～100%，▥：50～80%，
▤：10～50%，▤：<10%

表14 三原湾岸壁附着生物相

(S46. 9.30)

種類		調査点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
環形動物	Polychaeta	多毛類	3/2	1/1		10/2	8/2		6/2	3/2		15/3				
	Harmothoe imbricata	マダラウロコムシ				5			4			9				
		種類数	2	1		3	2		3	2		4				
		個体数	3	1		15	8		10	3		14				
軟体動物	*Liolophura japonica*	ヒザラガイ	4	1		2	1		5			4				
	Notoacmea schrenckii	アオガイ						5					1		1	1
	Cellana toreuma	ヨメガカサ														14
	Cellana nigrolineata	マツバガイ														2
	Siphonaria japonica	カラマツガイ						6		4	5	3	1		2	1
	Thais clavigera	イボニシ	4	35	21		24	6			1	4				36
	Monodonta labio	イシダタミ						7		10	35		幼貝 cc	幼貝 cc	幼貝 c	
	Mytilus edulis	ムラサキイガイ	27	123	5	485			11	12	5	29				
	Barbatia obtusoides	カリガネエガイ														1
	Claudiconcha japonica	セミアサリ													1	
	Saxostrea echinata	ケガキ						1	1		7	29		3	9	19
	Serpulorbis (Cladopoda) imbricatus	オオヘビガイ					4									
		種類数	3	3	2	2	3	5	3	3	5	5	3	2	5	7
		個体数	35	159	26	487	29	25	17	26	53	69	多数	多数	多数	74
節足動物	*Balanus amphitrite albicostatus*	シロスジフジツボ		369		108		15	50	15	352					
	B. a. hawaiiensis	タテジマフジツボ	252	113		420		23	1040	73	385	30				
	B. spp.	(小型フジツボ類)											cc	cc	c	
	Holotelson tuberculatus	チビウミセミ														1
	Anomura	ヤドカリ類								1			3			
	Brachyura	カニ類										6				
	Hemigrapsus sanguineus	イソガニ									4					
	H. penicillatus	ケフサイソガニ	3	105	1	23	1	1		2		6				2
	Sesarma (Parasesarma) picta	カクベンケイ	1			1		2								
		種類数	3	3	1	4	1	4	2	4	3	3	2	1	1	2
		個体数	256	587	1	552	1	41	1090	91	737	42	多数	多数	多数	3
		総種類数	8	7	3	9	6	9	8	9	8	12	5	3	6	9
		総個体数	294	747	27	1054	38	66	1117	120	790	125	多数	多数	多数	77

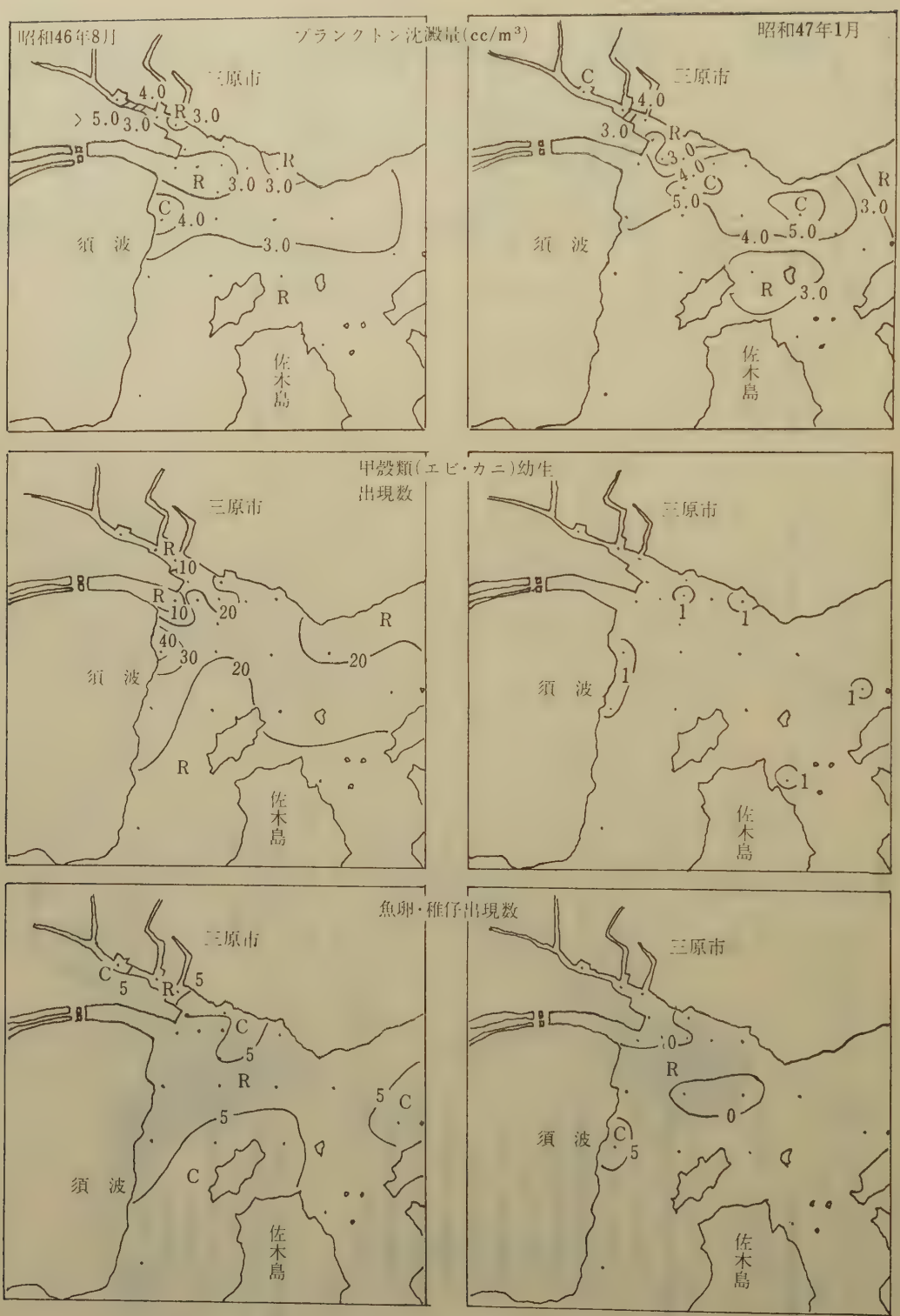


図10　プランクトン沈澱量と甲殻類幼生および魚卵・稚仔の分布

生物の採集は鉛板をつけたエクマン型採泥器（1/50㎡）を用い，各点で2回採泥し，全量を1mm目の篩で篩別し生物を採取した。

夏期および冬期の調査結果を表13，図9に示した。

三原湾は須波から糸崎地先にかけての20m等深線以浅の三原港内の底質は砂泥または泥であるが，以深では砂礫で底生生物の採集は不可能であった。

夏期の生物相は，環形動物37種193点，軟体動物9種21点，その他の動物10種20点，総計56種234点であった。

無生物域は三原港奥部（St. 4）に見られ，港口部の10m～20m等深線の間で種類数，個体数ともに多く出現した。

類別編組比率は多毛類81.2%，軟体類9.0%，その他の動物9.8%を示し，沼田川河口域で多毛類の出現率が高く，三原港入口（St. 5，6）と木原地先（St. 13）で軟体類，その他の動物の出現率が高い。

冬期の生物相は環形動物29種719点，軟体動物3種8点，その他の動物6種14点，総計38種741点を示し，種類数は夏期より減少したが，個体数は著しい増加を示した。

個体数の増加は，港奥部水域（St. 4, 5, 6, 8, 11）に汚濁の指標生物である *Capitella capitata japonica* が出現し，特に St. 4 では出現個体数が多く，総個体数の76.5%を占めたためである。

類別編組比率は多毛類96.4%，軟体類1.1%，その他の動物2.6%を示し，多毛類の占める比率は夏期の調査より高いが，出現分布は夏期と著しい相違は認められない。

2）岸壁附着生物

各調査点（図3）で，平均高潮線から1.5m下の岸壁に25×25㎝のカーデライトを置き，その中に生息する生物をすべて採集した。

調査結果を表14に示した。各調査点における出現種類数の変化は St. 3 の排水口で最も少なく，沼田川河口附近（St. 11, 12, 13）でも減少傾向が認められるが，排水口からの距離に比例して増加する傾向を示している。

類別個体数の変化は，種類数の少ない St. 3 および St. 11, 12, 13では巻貝類（イボニシ，イシダタミ）の優占度が高く，種類数の多い定点では二枚貝類の優占度が高くなる。フジツボ類は St. 3, 5, 14を除いて，各定点で優占度が高い。

3）浮遊生物

各調査点（図3）において北原式プランクトンネット（NXX 13）を用い，10m 垂直曳とした。調査時期は底生生物調査と同様に夏・冬期の2回である。

夏・冬期の調査結果を図10に示した。

沈澱量は夏期に沖合，河口域で少なく，三原港奥部水域で多い傾向が見られ，冬期には沖合域および三原港奥部で多く，港入口附近で減少する傾向が見られた。

甲殻類幼生（エビ・カニ類），魚卵・稚子の出現は夏期に多く，港奥部で減少する。

プランクトン組成は夏期には港奥部で *Skeletonema costatum* が，港内中央域で *Ceratium fusum*，沖合水域で *Coscinodiscus* spp. および *C. fusum* が優占種として出現する。冬期には三原湾全域で *Coscinodiscus* spp., *Eucampia zoodiacus* が優占種として出現する。

4）生物相調査の考察

三原湾の底生生物について北森・他[10]の詳細な報告がある。昭和30年から31年の三原湾の汚濁範囲は北側水路（三原港奥部）に限られ，指標生物である *C. capitata japonica* が優占的に生息すること，生息生物相が最も貧困で多毛類の占める比率が高く，汚濁水域の特性を良く現わしていること，また無生物域のような顕著な汚濁が見られないことは，湾奥部が湾口から近く底層では満潮時に最奥部まで沖合水の影響が及ぶこと等の地形的要因によって底泥や底生生物におよぶ被害も減少すること等を指摘した[10][11]。

本調査では昭和30年当時に比較して，埋立によって地形的要因は著しく変化し，三原港奥（St. 4）は湾口よりの距離が遠くなり，夏期には無生物域を形成する。冬期には *C. capitata japonica* が優占し，出現種類数，個体数ともに貧困で強汚濁をボしている。三原港口附近では軟体類（シズクガイ，ゴイサギ）の出現率がやや高いが，指標生物も分布し，出現種類数，個体数ともに貧困で汚濁の影響が認められる。沼田川河口と三原港口附近から沖合の 10m と 20m 等深線の範囲は，出現種類数，個体数ともに多く，特に多毛類の出現率が高い St. 11，14 附近で富栄養域を形成する。

有機汚染の指標生物 *C. capitata japonica* と Capitellidae sp. の分布は帝人三原地先の埋立前（昭和30年）には三原港水路から帝人地先周辺を経て沼田川河口域にまで分布が見られたが，現在では埋立により沼田川河口と三原港水路域は2分され，糸崎地先から三原港にかけての水路域に見られ，その範囲も拡大されている（表15，図11）。

岸壁附着生物は三原港奥部と水路域でフジツボ類が優占するが，St. 3 の排水口附近で汚濁の影響が著しく，他の調査点では顕著な影響は認め難い。これは，満潮時に沖合水の影響が強いため，附着生物に汚濁による影響を減少させているものと考えられる。

浮遊生物は夏・冬期ともに港奥部で沈澱量が増加する傾向を示し，甲殻類幼生（エビ，カニ類），魚卵，稚仔は沖合水域で多い。また，夏期のプランクトン優占種は港奥部，水路域，沖合域で異なり，特に湾奥部では強内湾性の特徴を示すが，冬期には水域別プランクトン相の差異は認められない。

以上の結果から三原湾の生物相からみた海域区分を図12に示した。

表15　三原湾底生生物の編組比率（夏・冬期調査の平均値）

St.	平均値 種類数	平均値 個体数	編組比率（%） 多毛類	軟体類	その他	*C. capitata japonica*	Capitellidae sp.	*Notomastus* sp.	*Lumbrineris* spp.
1	(5)**	(92)	(91.3)	(0)	(8.7)	(1.1)%	%	%	%
4	2	278	99.5	0.5	0	98.9			
5	5	7.5	46.7	46.7	6.6		28.6		
6	5.5	8.0	37.5	37.5	25.0		20.0		6.3
7	5	10.5	81.0	14.3	4.8			16.7	38.1
8	7	11.0	90.9	0	9.1	26.7	6.7		4.6
9	5	6.5	84.6	0	15.4				
10	(10)*	(26)	(84.6)	(7.7)	(7.7)			(7.7)	(42.3)
11	18	51	92.2	0.9	6.9		13.6	3.8	2.9
12	9.5	15	80.0	6.7	13.3			9.7	10.0
13	(6)*	(9)	(33.3)	(0)	(66.7)				
14	16	26.5	84.9	7.5	7.5			8.6	9.4
15	(16)*	(20)	(90.0)	(5.0)	(5.0)			(10.0)	(15.0)
計	8.5	43.2	92.7	3.0	4.3	—	—	—	—

（ ）は1回の調査結果を示し，*8月，**1月の調査。

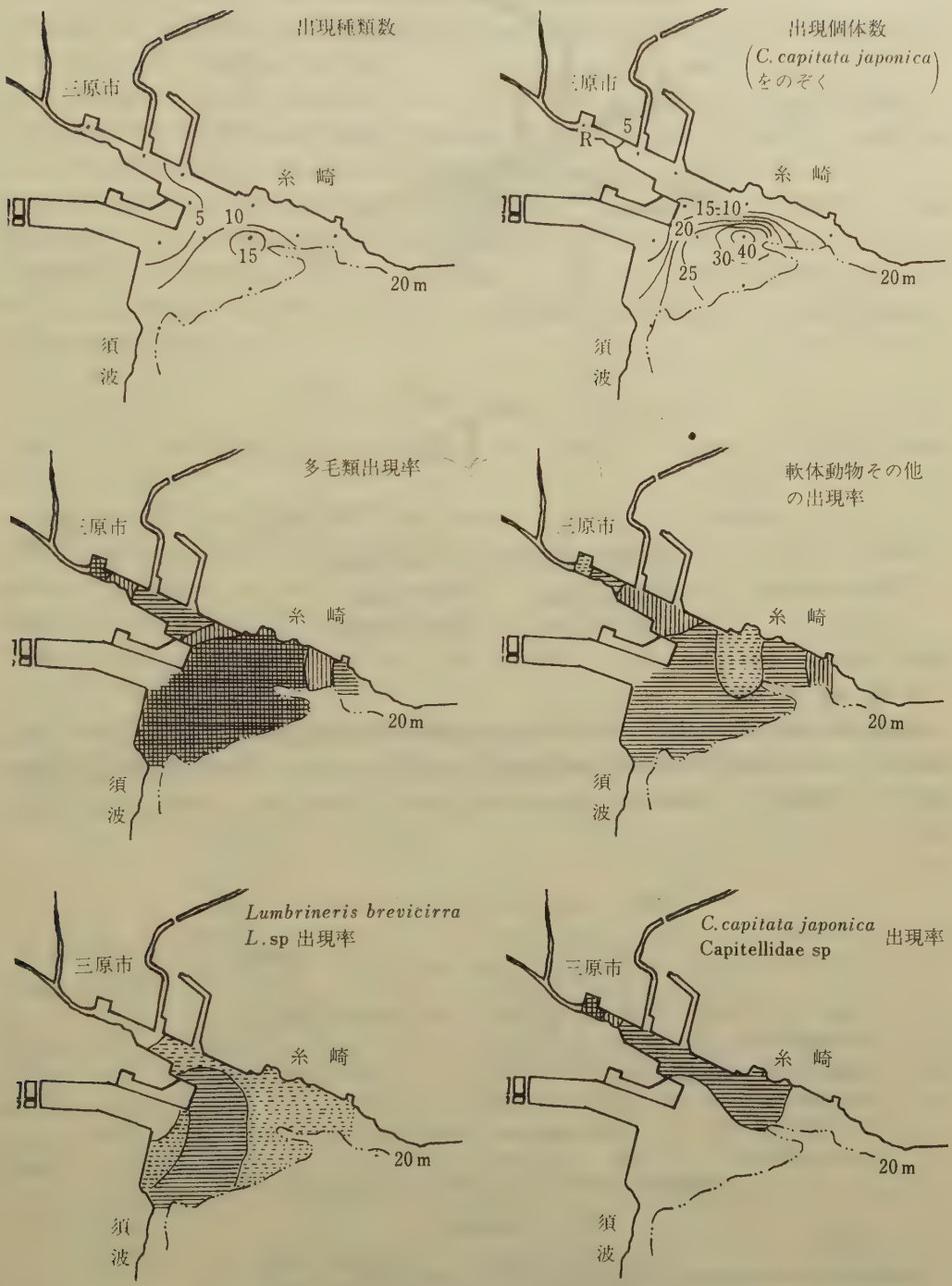


図11　三原湾における底生生物の分布（夏・冬期調査の平均）

：出現率 80～100%，：50～80%，：10～50%，：0～10%

図12　生物相から見た三原湾の海域区分

：強汚濁域，　：汚濁域，
：せん移域，　：富栄養域

(2) 生 物 試 験

本調査では三原湾に直接排出されている廃水の急性毒の程度を知るため，魚類ではヒメダカの24時間，ＴＬｍ，貝類ではアサリの50％開殻率，藻類ではアサクサノリの１時間50％光合成阻害濃度について試験した。実験に供した廃水の採取位置および性状は図３，表16に示したとおりである。

表16　廃 水 の 性 状（S46.12.13）

No.	廃水採取位置	色　相	臭　気	水　温 (°C)	透視度 (cm)	pH	比　重 $\left(\frac{S}{15°C}G\right)$	COD (ppm)
Ⅰ	日本セメント排水口	無　色	無　臭	20.5	30以上	8.53	24.5	0.47
Ⅱ	東洋繊維排水路	褐　色	甘茶臭	23.0	2.2	4.98	1.0	203.50
Ⅲ	三菱重工排水口（No. 8）	淡灰色	—	11.7	30以上	8.67	0.0	12.20
Ⅳ	帝人東排水口　（No. 2）	白　濁	微　臭	19.2	1.5	10.71	18.5	2.30
Ⅴ	帝人西排水口　（No. 5）	ごく淡い褐色	弱い化学臭	14.3	15.9	6.32	1.8	6.90
Ⅵ	三協化成汚水溜	無　色	無　臭	13.6	30以上	8.13	21.4	0.63

1）魚　類

供試魚にはヒメダカを用い，試験方法はＪＩＳ—K0102[12]によった。

まず予察試験として，廃水の魚に対する影響程度を知るため，水試帰場直後（廃水採取後５時間）に原廃水２ℓ中に各５尾のヒメダカを収容し，魚の状態を観察した。この予察試験結果に基づいて24時間ＴＬｍ試験を行った。

試験水量は３ℓとし，供試尾数は各々10尾とした。廃水Ⅰ（日本セメント），廃水Ⅳ（帝人東），

廃水Ⅵ（三協化成）では，あらかじめ海水に馴致したヒメダカを用いた。

試験期間は12月13日から17日まで，試験中の水温は 13.6～17.0°Cであった。供試魚の大きさは平均全長3.1cm，平均体重0.27gであった。

予察試験結果は，廃水Ⅱ（東洋繊維），廃水Ⅳ（帝人東）では試験開始後16時間で全尾斃死した。他の廃水では試験開始48時間経過後も斃死個体はみられず，廃水Ⅲ（三菱重工），廃水Ⅴ（帝人西）の供試魚がやや弱った感をうけたが，急性毒的影響はほとんど認められなかった。

24時間TLm試験は廃水の現場採取48時間後に開始した。この結果，廃水Ⅳ（帝人東）は予察試験時に強い毒性を示したが，本試験では原廃水区においても斃死は見られなかった。廃水Ⅱ（東洋繊維）では24時間TLm値は38.8%を示した。他の廃水ではいずれも斃死個体は認められなかった。なお廃水Ⅳ（帝人東）ではひきつづき供試個体の観察を継続したが，48時間経過後も異常個体はみられなかった。

2）貝　類

供試したアサリは平均殻長3.2cm，平均重量7.7gで，試験には3ℓ容のビーカーを用い10個体宛収容した。

試験水は各試験区で全個体が開殻したのを確めかてから注入し，規定の濃度にした。

開殻の測定は対照区のアサリが全個体開殻し，各試験区で影響が現われたと思われる30分～1時間30分後から開始し，10分おきに7回の測定を行ない，その平均値をもって開殻率を求めた[4]。試験期間は12月14日～16日で，試験中の水温は15.5～17.3°Cであった。

試験結果は廃水Ⅱ（東洋繊維），廃水Ⅲ（三菱重工），廃水Ⅳ（帝人東）でアサリの開殻に影響がみられ，他の廃水は影響がみられなかった。

最も強い毒性を示したのは廃水Ⅱ（東洋繊維）で，50%影響濃度（ED 50）は 13.5%を示した。次いで廃水Ⅳ（帝人東）が19.5%，廃水Ⅲ（三菱重工）が85%を示した（図13）。

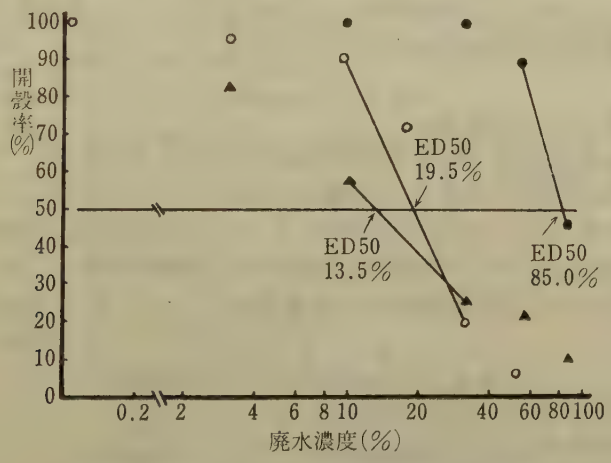


図13　工場廃水のアサリの開殻におよぼす影響
（○…帝人東，▲…東洋繊維，●…三菱重工）

3）藻　類

12月中旬に安芸郡音戸町地先のノリ養殖場で採取した葉長5～10cmの健全なアサクサノリの葉体を供試した。

表17　対照区に対する各試験区の△pH比（アサクサノリ生物試験）

廃水採取位置 / 廃水濃度	Ⅱ（東洋繊維排水路）	Ⅲ（三菱重工排水口No.8）	Ⅳ（帝人東排水口No.2）
100 %	−0.16	0.65	0.56
70	0.15	0.65	0.89
40	0.77	0.86	—
20	0.69	0.84	0.89
10	0.90	0.73	0.67
5	1.00	0.81	1.00
1	0.96	0.78	0.67
0	1.00	1.00	1.00

廃水Ⅱ（東洋繊維），廃水Ⅲ（三菱重工），廃水Ⅳ（帝人東）を海水で希釈して各濃度系列（表17）を作り，各々にノリ葉体を湿重量 1 g/L ずつ入れ24時間放置した。この間の水温は 6.5～13.0°Cであった。その後，ノリ葉体を充分に水洗し，ガーゼでよく水切り後，正常海水の入った 300 mℓ 容の酸素瓶に湿重量で0.2 g の葉体を収容し，恒温ボックスに1時間収納して光合成させた。

光合成中の条件は，水温 12.0°C，照度は白色螢光灯で照射して9 Kルックスであった。1時間経過後，酸素瓶内の pH を測定した。

ノリ葉体に対する各廃水の影響は各試験区の光合成開始前の pH 値と光合成後の pH 値の差（△pH）を求め，これを対照区の △pH との比を求めて比較した。

試験の結果は廃水Ⅲ（三菱重工），廃水Ⅳ（帝人東）では100%区でも顕著な影響は認められなかった。廃水Ⅱ（東洋繊維）では40～70%区で光合成能が対照区に比較して50%程度の低下がみられた。

対照区の △pH に対する各試験区の △pH の割合を求め表17に示した。この結果から50%光合成阻害濃度を求めると，廃水Ⅱ（東洋繊維）では 40～70% となり，廃水Ⅲ（三菱重工），廃水Ⅳ（帝人東）では原廃水でも50%以下にはならなかった。

4）生物試験結果についての考察

各種廃水の生物におよぼす影響はほぼ同様の傾向を示してしる（表18）。

ヒメダカでは半数致死濃度は廃水Ⅱ（東洋繊維）で求められたにすぎないが，予察試験では本廃水および廃水Ⅳ（帝人東）で全供試魚が斃死しており，両廃水の毒性は時間の経過とともに消失する傾向が認められるものの，その毒性が生物に与える影響は大きい。また，廃水Ⅲ（三菱重工），廃水Ⅴ（帝人西）でも予察試験結果から影響がないとはいえない。廃水Ⅰ（日本セメント），

表18　生物に影響をおよぼす廃水濃度

No.	廃水採取位置	ヒメダカ 24時間 TLm	アサリ 50%開殻率	アサクサノリ 1時間50%光合成阻害濃度
Ⅰ	日本セメント排水口	— %	— %	— %
Ⅱ	東洋繊維排水路	38.8	13.5	40.0～70.0
Ⅲ	三菱重工排水口 (No.8)	—	85.0	—
Ⅳ	帝人東排水口 (No.2)	—	19.5	—
Ⅴ	帝人西排水口 (No.5)	—	—	—
Ⅵ	三協化成汚水溜	—	—	—

廃水Ⅵ（三協化成）はヒメダカに与える急性的毒性は低いと考えられる。

アサリについては，廃水Ⅱ（東洋繊維），廃水Ⅲ（三菱重工），廃水Ⅳ（帝人東）で影響が認められ，これはヒメダカの場合と一致した結果を示した。

アサクサノリについても廃水Ⅳ（帝人東）は原廃水区においても50％光合成阻害濃度が50％以下にはならなかったが，この値にかなり近い値となっており，廃水Ⅱ（東洋繊維），廃水Ⅲ（三菱重工）でも影響がないとはいえない。

以上の結果から，廃水Ⅱ（東洋繊維）が最も強い急性毒を示し，以下廃水Ⅳ（帝人東），廃水Ⅲ（三菱重工），廃水Ⅴ（帝人西）の順位となる。廃水Ⅰ（日本セメント），廃水Ⅵ（三協化成）は表16にみられるとおり各測定項目ともほぼ正常値を示しており，この結果がそのまま生物試験結果にも現われていると考えられるが，慢性的毒性については明らかではない。なお，廃水Ⅳ，Ⅴ（帝人東，西）はいずれも発電機用の冷却水が主体であり，今後，帝人本来の製造工程廃水について試験を行なう必要がある。

4. 要　　約

1）三原湾における漁業統数は釣，はえなわ漁業が最も多く，次いでノリ養殖，底曳網等であり，魚種別漁獲量はタコが多く広島県全体の約1割を占めている。

2）この水域には排水量の大きな各種工場が位置し，都市下水等を含め総量15万トン/日の廃水が流入するものと推定される。この大部分は三原港から流出する。今後共，沼田川河口周辺には工場設置等により，廃水汚染は増大するものと考えられる。

3）三原湾の有機汚染の状態をみると，現在のところ水質，底質とも三原湾奥部を除いて強度に汚染されている所は少ない。これは三原瀬戸の急潮流によって，三原港から流出する有機汚染物質の拡散が著しいためと考えられる。しかし，中，弱汚染域が三原港周辺に存在し，漁業区域と重複している。

4）生物相からみた汚染状況は，三原港奥部で最も強く，冬期には有機汚染指標種（*C. capitata japonica*）が優占し，夏期には無生物域を形成する。汚染範囲は三原港水路域から糸崎地先にかけて広がり，沼田川河口沖合域で富栄養域を形成する。

5）東洋繊維，帝人東排水口（冷却水を含む）の廃水は，経時的に毒性がかなり急速に失なわれるようであるものの，ヒメダカ，アサリ，アサクサノリに与える影響は大きく，三菱重工，帝

表19　汚　染　区　分　基　準

区分 / 水域区分	水質 COD (ppm)	水質 透明度 (m)	底質 COD (mg/g)	底質 灼熱減量 (%)	底質 全硫化物量 (mg/g)	生物相 底生生物	生物相 岩壁付着生物
強汚染域	＞5	＜2.5	＞20	＞10	＞1	無生物状態あるいは有機汚染の指標生物 *C. capitata japonica* の優占度が著しく高い。	無生物状態，あるいはフジツボ類の優占度が高い。
中汚染域	2～5	2.5～4	＞20	＞10	0.5～1	多毛類の出現率が高い。*C. capitata japonica* が出現する。	フジツボ類の優占度が高い。
弱汚染域	1～2	4～5	15～20	7～10	0.2～0.5	各生物群の出現種類，個体数が多い。	出現種類数が増加し，軟体動物も多い。

注　水質は，このような水に覆われる機会が多い水域という意味で区分した。

表20　三原における水産用環境水質基準

項　　目	水　質　基　準
透明度	＞5 m
懸濁物(人為的に加えられた量)	＜2 ppm
着　色	海水に人為的着色がないこと
沈殿物	沈殿物で海底悪化を起さないこと
DO	＞6 ppm
COD	＜1 ppm
pH	7.8～8.4
水　温	人為的水温差1.0°C以下のこと
Fe ※	＜1 ppm
Zn ※	＜0.3ppm
CN ※	＜0.01ppm
Cr ※	＜1 ppm
硫化物（Sとして）※	＜0.3ppm
油 ※	水面に油膜がみられないこと

注　項目中，※印は本調査項目に入っていないが，これらによる汚染の可能性があるので記した。

図14　汚染状況総合判定図（基準は表19に示す）
■：強汚染域，▨：中汚染域，▩：弱汚染域

人西排水口の廃水がこれに次いでいる。帝人については，今後本来の製造工程から生ずる廃水について試験を行う必要がある。

6）以上の調査結果から表19の汚染区分を基準とし，三原湾の現時点における汚染状況総合判定図を作成した（図14）。この水域ではノリ養殖，釣，はえなわ，タコつぼ等の漁業が行なわれ

ているので，三原港ならびに糸崎港を除き漁業操業区域では水産環境水質基準[5]が維持されることが必要である。

7）三原湾は釣，はえなわ，ノリ養殖，タコつぼ漁業など多様に活用されている。一方，三原港から多量の各種廃水の流出があり，今後汚染負荷量の増加が予想され水産業に大きい影響を与えるものと考えられる。このため三原湾周辺水域で維持すべき水産動植物の環境基準ならびに環境保全を図るためにとられるべき措置として表20のとおり環境基準を示した。この基準は現在当水域の弱汚染域以下の水質にほぼ合致しているが，今後ともこの基準が維持されることが望ましい。

文　　献

1）海上保安庁：三原瀬戸および付近潮流図，海図第6206号，(1966).
2）広島地方気象台：広島県気象月報，1～12，(1971).
3）広島地方気象台：広島県気象月報，1，(1972).
4）松江吉行：公共用水域保全のための水質汚濁調査指針，(1965).
5）日本水産資源保護協会：水産環境水質基準：13～16，(1972).
6）木村知博・大内晟・溝上昭男・荒川好満・橋本俊将・橋本茂明：昭和44年度全国漁場環境保全基礎調査報告書，呉湾，広島県：1～50，(1970).
7）波多野幸太郎・橋本俊将・溝上昭男・川西正衛・高山晴義・平田貞郎・堀田正勝・大内晟・橋本茂明・横山巌：昭和45年度全国漁場環境保全基礎調査報告書，福山湾，広島県：1～42，(1971).
8）荒川清・新田忠雄：工場廃水の研究第一報(8)，海底泥の分析法に関する研究，内海区水研報告，3：27～32，(1953).
9）新田忠雄：水質保護論，水産学全集15，恒星社厚生閣.
10）北森良之介・小林真一・永田樹三：汚濱水域の底棲動物，(Ⅱ）三原湾，内海区水研報告，12：201～214，(1959).
11）北森良之介：汚濱と *Capitella* 属（多毛類）の関係，内海区水研報告，13：1～18，(1960).
12）日本工業標準調査会：工場排水試験法，ＪＩＳ—K0102，日本規格協会：99～102，(1964).

大竹沿岸域漁場環境調査

——工場廃水の影響について——

波多野幸太郎・木村知博・溝上昭男・橋本俊将・川西正衛

Hydrographical, Biological and Social Survey of Fishery Grounds Off the Coast of Ôtake Area——Influence of Pollution by Industrial Waste and Sewage upon Coastal Fisheries

Kotaro HATANO, Tomohiro KIMURA, Akio MIZOKAMI, Toshimasa HASHIMOTO and Masae KAWANISHI

（挿図 Text-figs. 1–19）

目　　次

まえがき
漁業ならびに工場と廃水
理化学的調査
1．調査項目ならびに測定方法
1）水質月例調査
2）廃水拡散状況調査
3）底質調査
4）その他の調査
2．調査結果
3．水質・底質についての考察
生物学的調査
1．調査項目ならびに測定方法
1）浮遊生物調査
2）底生生物調査
3）生物試験
2．調査結果
3．生物調査，生物試験についての考察
まとめ

まえがき

大竹，岩国周辺地区では，昭和初期より人絹，パルプ工場の操業が始められ，第２次大戦後，工場の増設，拡張があり，昭和30年代には石油コンビナートが設立されて，この地区の工業生産量は急増した。工場の増設と共に，周辺漁業に廃水による被害問題が生じ，アオノリの枯死，カキ，トリガイのへい死，不漁，異臭魚の発生などがあった。[1)2)] さらに，昭和44年，45年には養殖ハマチ，その他の沿岸性魚貝類のへい死もみられ，両年に発生した赤潮と共に，工場廃水はこの水域の漁業環境の悪化の大きな要因と考えられている。そこで，大竹，岩国地区沖合の，宮島南西部，阿多田島，今津川口で囲まれた海域を対象に，昭和45年９月から46年９月まで，この地区の工場廃水が漁場の水質，底質，また漁業生物などにどのような影響を与えているかを特に調査することになった。

なお，この調査で多毛類の査定をしていただいた東海区水産研究所北森良之介博士，調査とりまとめに当り有益な御助言をいただいた広島大学水畜産学部小山治行助教授，南西海区水産研究所藤谷超博士，調査に当り御協力いただいた大竹市水産課ならびに公害課，阿多田島漁協，広島

県広島農林事務所の方々に厚くお礼申し上げる。

本調査は，計画・とりまとめ：波多野幸太郎・木村知博，理化学的調査：橋本俊将，生物学的調査：溝上昭男・川西正衛の主担当で実施した。

漁業ならびに工場と廃水

玖波湾から阿多田島周辺にかけて行われている漁業の統数を表1に示す。釣，はえなわ，ます網，刺網，たこつぼは比較的沿岸に近い水域で操業され，底曳網，まき網，吾智網は前者より沖合域，いわし船曳網は両水域で操業されている。その他，アサリ採貝が大野地区の干潟で，カキ養殖が玖波沖，宮島南西部，阿多田島北部で，ノリ養殖が玖波湾北部，阿多田島西部，ハマチ養殖が阿多田島北側で行われている。

一方，大竹，岩国地区では昭和30年代に南北13㎞の臨海工業地帯が造成された。主要企業は，広島県側で日本紙業，大竹紙業，三菱レーヨン，三井石油化学，三井東圧，三井ポリケミカル，ダイセル工業，日東化学の8社，山口県側では山陽パルプ，帝人，東洋紡，興亜石油，ユニオン石油，三井石油化学の6社，計14社である。廃水量，ＣＯＤ負荷量を表2に示す。これによると大竹市の昭和44年，46年の廃水量は49万～54万 ton/day，ＣＯＤ負荷量は70～78 ton/day になるが，大竹市の資料[3]によると，昭和45年の廃水量は48万 ton/day，ＣＯＤ負荷量は 24 ton/day となっている。また，山口県の岩国地区（和木村を含む）の主要工場からの廃水について，山口県の報告[4]によると，廃水量約131万 ton/day，ＣＯＤ負荷量約 517 ton/day の流入があり*，昭和46年12月から水質汚濁防止法および，県条例による水質規制を受けると，このＣＯＤ負荷量の45％の 233 ton/day に減少すると推定している。また別に，環境庁および山口県の調査による公害防止計画資料によると，昭和45年度の廃水量は岩国56万 ton/day，和木71万 ton/day で，ＣＯＤ負荷量は岩国 248 ton/day，和木 81 ton/day，計 329 ton/day となっている。また，ＳＳ負荷量についてみると岩国は 75 ton/day となっていて，この水域の負荷のうちのかなりの割合を占めている。このように汚濁負荷量は調査資料によりある程度の相違がみられるが，山陽パルプを主とした岩国地区からのＣＯＤ，ＳＳの負荷量が大きな割合を示していることが注目される。

廃水のＳＳが 100 ppm より大きい工場は大竹紙業，日本紙業，山陽パルプで，油分が 5 ppm

表1　大竹地区漁業操業統数（農林統計資料）

漁業種類	昭和32年度				昭和44年度			
	大野	大竹	阿多田	計	大野	大竹	阿多田	計
底曳2種	55	18	20	93	61	20	19	100
〃 3種	31	13	1	45	17	15	12	44
刺網	19	26	29	74	19	38	35	92
まき網		2	1	3		2		2
吾智網		6		6		4		4
いわし船曳		4	4	8		1	4	5
一本釣	42	2	7	51	37	9	15	61
はえなわ	37	1	2	40	29			29
ます網		18	37	55		6		6
採貝	59	10		69	24	5		29
たこつぼ	13	5	19	37	5	9	5	19

* 調査時点不明

表2　大竹・岩国地区の汚濁負荷量（広島県・南西水研資料による）

工場名	廃水量（1000m³/day）				COD負荷量（ton/day）			
	昭37年	40年	45年	46年	37年	40年	45年	46年
三井東圧	4.0	7.9	19.0	17.0	0.0	0.1	0.3	(0.2)
三菱レーヨン	26.0	56.5	170.0	180.0	2.9	4.0	5.5	(5.8)
三菱ボンネル	24.5				0.3			
日東化学	—	—	78.0	79.0	—	—	3.1	(3.2)
大竹紙業	40.0	29.3	56.0	54.0	10.0	14.2	26.8	(25.8)
ダイセル	3.0	0.1	113.0	145.0	—	0.1	5.5	(7.1)
日本紙業	30.0	31.2	36.0	39.0	—	22.6	8.0	(8.7)
三井ポリケミカル	6.6	2.6	20.4	24.8	0.1	0.9	0.7	(0.8)
三井石油化学	4.0				—			
小計	138.1	127.6	492.4	538.8	13.3	41.9	49.9	(51.6)
三井石油化学	45.0	257.6	370.0	300.0	—	17.5	11.7	(9.5)
興亜石油	230.0	188.9	380.6	408.0	—	13.4	46.3	(49.7)
ユニオン石油	—	7.4	5.7	—	—	0.4	0.2	—
山陽パルプ	133.8	219.0	270.0	305.0	96.9	329.9	273.9	(309.4)
帝人	13.0	86.4	98.4	98.0	—	4.1	5.2	(5.2)
東洋紡	—	26.2	18.8	—	—	1.3	10.0	—
小計	421.8	785.5	1143.5	1,111.0	96.9	366.6	347.3	(373.8)
合計	559.9	913.1	1635.9	1,649.8	110.2	408.5	397.2	(425.4)

注　・46年COD負荷量は45年COD濃度に基づく推定値
・廃水量およびCOD負荷量の合計値は，数値の不明な工場分は除いてある。

を越すのは大竹紙業，ダイセル工業，三菱レーヨン（ボンネルを含む），興亜石油，ユニオン石油等である。また，三菱レーヨン，山陽パルプ，東洋紡績から pH の低い廃水が出されている。

理化学的調査

水質調査（水質月例調査，廃水拡散状況調査），底質調査などを行ない，気象条件，潮流資料と併せて検討した。

1. 調査項目ならびに測定方法

1）**水質月例調査**：昭和45年9月～46年9月まで毎月1回，第1図に示す10調査点で水温，塩素量（Cl），溶存酸素量（DO），COD，pH，透明度，水色，気象等を調査した。採水層は0，2，5，10，B—1m層とした。

2）**廃水拡散状況調査**：工場廃水の水平分布状況を精密に知るため冬期（昭和45年12月23～24日），夏期（昭和46年6月22日）に調査海域内の約50点の調査点（図1参照）で，水温，塩素量，COD，透明度，水色等を調査した。採水層は St. 1～10（水質月例調査点）は前述の5層，他は表層のみとした。

3）**底質調査**：秋期（昭和45年10月20～21日）と夏期（昭和46年5月26日，6月22日）に調査海域内の30点（St. 1～30）でIL（灼熱減量），COD，TS（全硫化物），粒度組成，臭気，色等を調査し，秋期調査では他に13点（St. 31～43）を加え，IL，粒度組成を調査した（図1参照）。

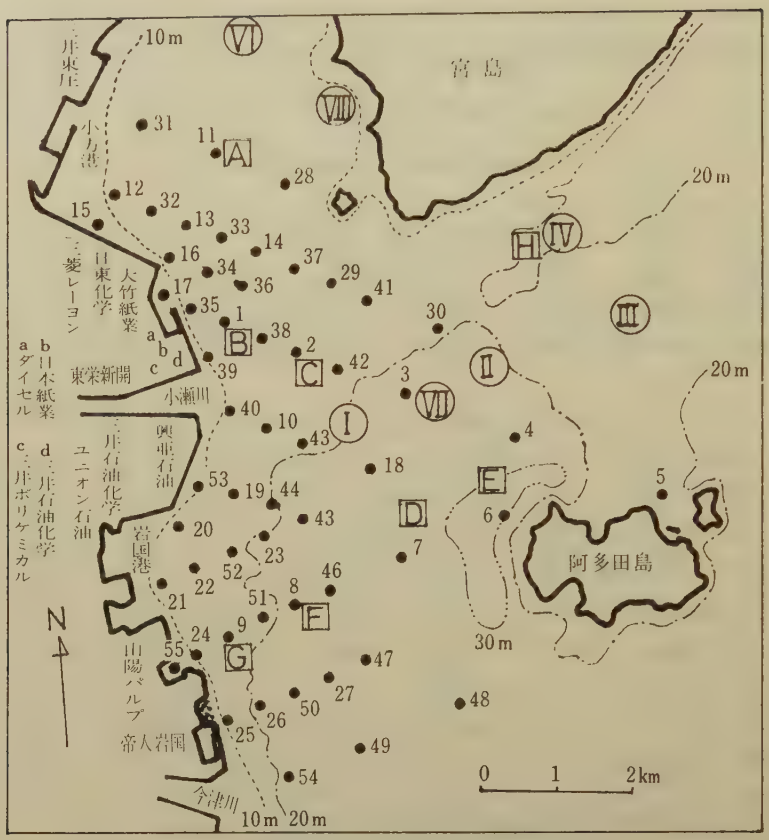


図1　大竹岩国水域水質底質底生生物調査点

●水質（月例調査；St. 1～10，拡散調査；St. 1～55），底質，底生生物調査点

○小型底曳網調査点　□大型底生生物（ドレッヂ採集）調査点

4）**その他の調査**：広島県広島農林事務所が宮島南西部水域の2定点で，広島県公害研究所が大竹市東栄新開，小方周辺の7定点で実施した月例調査からDO，CODの測定資料，また，阿多田島での定時観測，任意に採水した海水のCOD値，および大竹市清掃センターにおける風向，風力測定値も本調査の検討にあたり使用した。

以上の水質，底質の分析は水質汚濁調査指針[5]によって行なったが，水質CODの測定は試水をガラス繊維沪紙GA—100で沪過後行なった。また，底質粒度組成は150メッシュ篩を通過した重量割合を泥率として求めた。

2. 調査結果

1）水質月例調査

主要調査点別の水温，Cl，DO，COD，pH，透明度の季節変化を図2に示す。

昭和45年と46年の9月では，水温の垂直分布に差がみられ，46年は前年に比して，表層，中層で低く，高層で高い。即ち，水温成層が前年よりも発達していない。

Clは6～9月に表層で低下し，成層を形成する。この期間は阿多田島（St. 5）以外の表層では16‰以下の場合が多い。

DOは，大竹，岩国沿岸のSt. 1（大竹市東栄新開にある大竹紙業，日本紙業，ダイセル工業等の排水口群沖），St. 2，St. 9（山陽パルプ沖1km），St. 10で他の調査点と異った状況を示し，

46年7月には St. 1, 9 の表層で 3 cc/ℓ 以下，St. 2, 10 で 1 cc/ℓ 以下を示した。また，夏期の底層では多くの調査点で 4 cc/ℓ 以下になった。

CODも St. 1, 2, 9, 10 でかなり高く，特に山陽パルプ沖の St. 9 が著しい。一般に冬期は清浄になるが，St. 9 は周年汚濁状況となっていて，46年3月に 100 ppm 以上，同年9月には 50 ppm 以上を示した。垂直分布でも 5 m層あたりまで 2 ppm 以上を示す場合が多く，46年2～3月では更に底層まで高い値が出現した。St. 10 も46年7月に表層で 10 ppm 以上を示し，同年4月には底層でも 2 ppm 以上となっていた。これらの沿岸域に対し，阿多田島周辺の St. 4～6 ではこの月例調査内では著しく高い値はみられなかった（後述の他の調査では高い汚染値が出現している）。

pH は，沿岸域の St. 1, 9, 10 で夏期に表層で8以下になることがあり，特に St. 9 では中層まで8以下になった。また，ここでは冬期，表層で7以下の異常値が出現した。

透明度は山陽パルプ沖の St. 9 で特に低く，夏期に0.5～2.5mであった。St. 1, 10 でも1.0～3.0mに低下している。

水色は St. 9 で褐色ないし黒褐色を呈している。St. 1, 10 でも同様であるが，褐色ないし赤褐色であり St. 9 に比してやや稀釈されている。

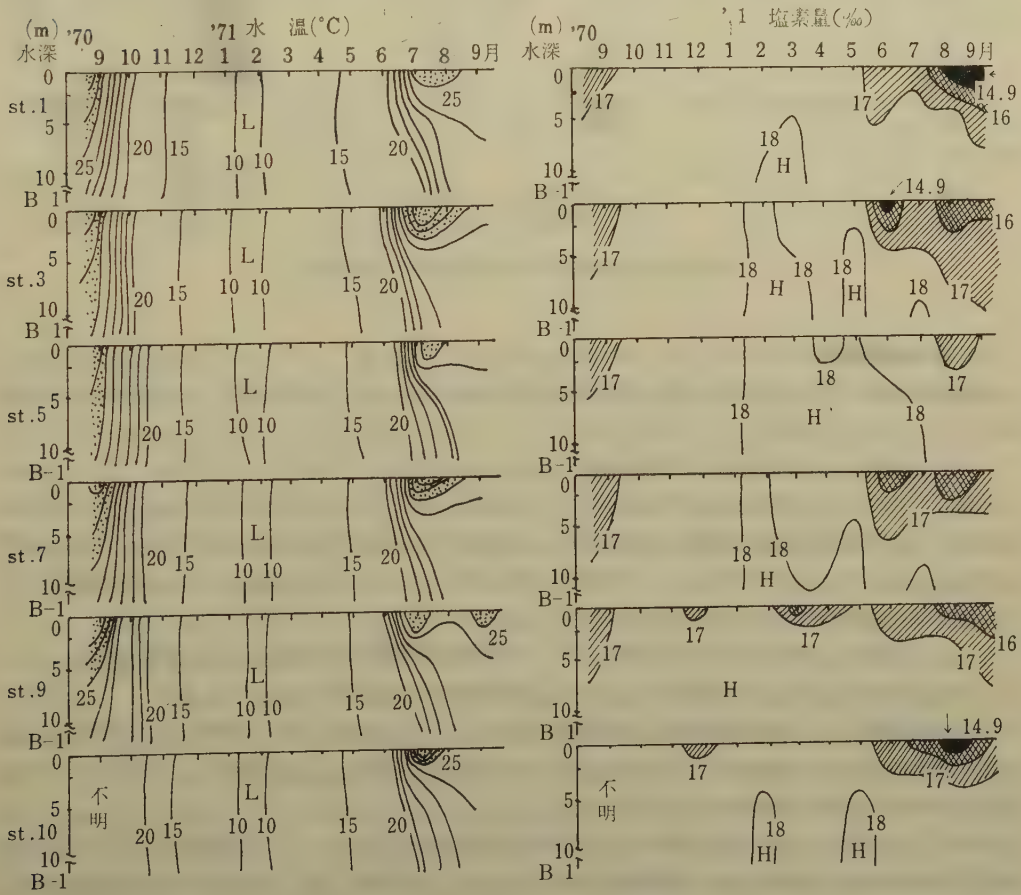


図2—1．主要調査点の水質の季節変化

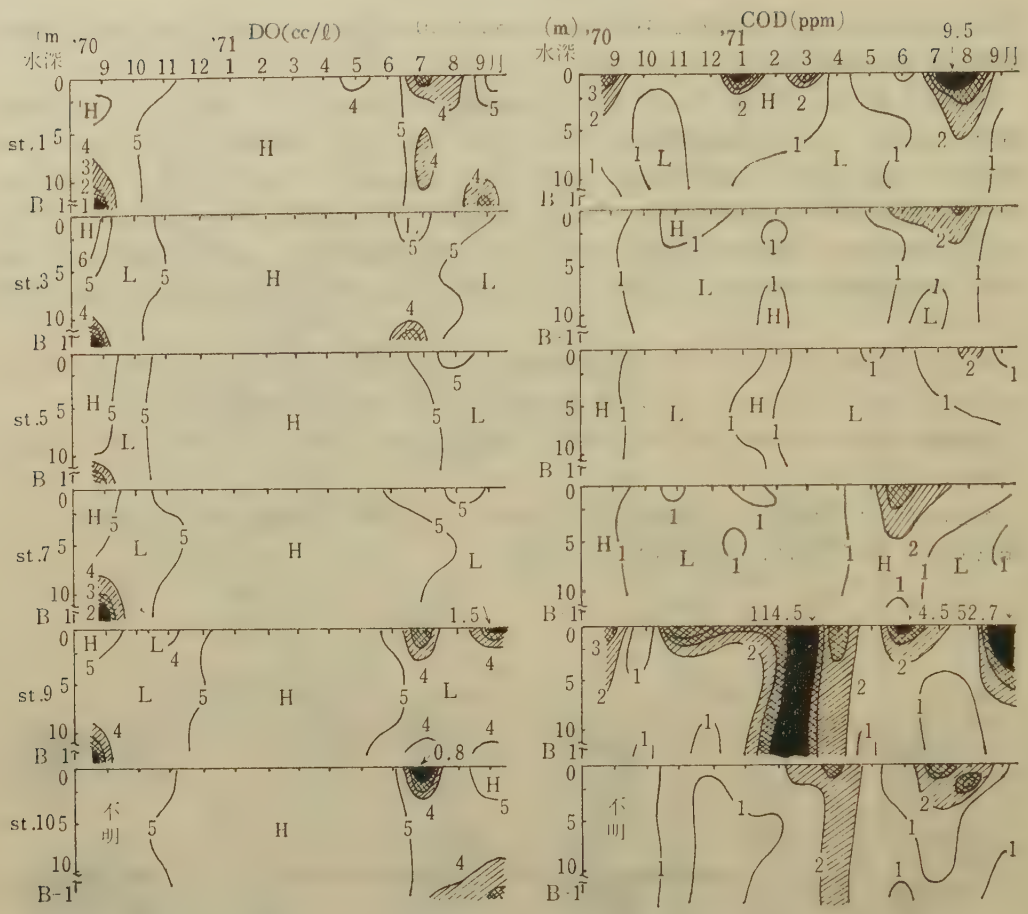


図2—2．主要調査点の水質の季節変化

2）廃水拡散調査

表層水の水温，Cl，COD，pH，透明度の分布状況について，冬期を図3に，夏期を図4に示す。

i）冬期調査（昭和45年12月23～24日）

水温は，山陽パルプ廃水口付近で18°C以上の高温を示し，沖合水との間に4～5°Cの差がみられた。この時期の通常水温値（約13.5°C）を示すのは距岸2～3㎞以遠である。冬期は沿岸側で水温が低いのが通常であるが，沿岸側で高温となっているのは，少なくともこの範囲まで廃水の直接的影響があるためとみられる。

Clは，山陽パルプ廃水口沖では6‰以下，大竹東栄新開廃水口群周辺（以下東栄港という）では7‰以下となっていて，両域とも1～1.5㎞沖合まで17‰以下となっている。

CODは山陽パルプ廃水口付近で380 ppmを示し，ここを中心に0.2㎞沖合まで200 ppm以上の分布がみられ，0.5㎞沖でも10 ppm以上の値となっている。東栄港沖は，山陽パルプ付近に比して低いものの20 ppm以上であった。

pHは，岩国港，山陽パルプ周辺で6以下の異常な値がみられ，その沖側に7.8以下の水塊が沖出し1㎞，長さ3㎞のかなりの範囲に分布している。大竹側でも7.8以下の水塊の分布がみられる。

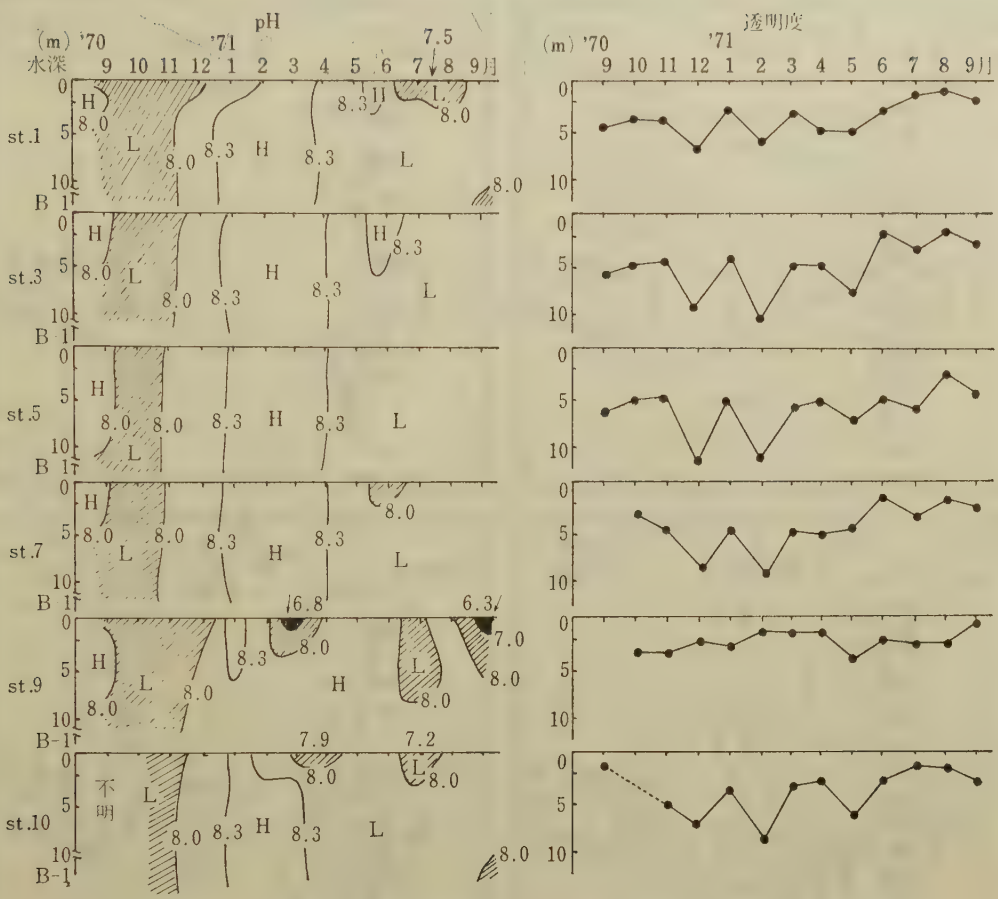


図2—3．主要調査点の水質の季節変化

透視度・透明度・水色についてみると，透視度は山陽パルプ周辺で2.5㎝，0.5㎞沖で5㎝，1㎞沖合で30㎝を示し，透明度は山陽パルプ沖1㎞まで2.5m以下，東栄港周辺で0.5mを示した。岩国，大竹沖とも，距岸2㎞以遠で8m以上になる。岩国港沖1㎞，東栄沖0.7㎞まで着色水の分布があり，興亜石油地先では0.5㎞沖まで油膜がみられた。

ii）夏期調査（昭和46年6月20日）

水温は，今津川口，大竹の三菱レーヨン沖で21～22°Cの低水温がみられたが，多くの海域は23～25°Cでその分布は複雑であった。

Cl は，山陽パルプ廃水口，大竹東栄新開廃水口群沖で12‰以下で低い。他の調査点も低めであるが15‰以下の場所はない。

CODは，山陽パルプ廃水口周辺の表層で 190 ppm 以上，2m層でも 50 ppm 以上を示し，沖合1㎞まで 5 ppm 以上の分布範囲に入り，別に，距岸3㎞まで舌状に3 ppm 付上の水塊が分布していた。大竹東栄新開廃水口群付近では表層で 20 ppm 以上，2m層，4m層で共に2 ppm 程度を示した。また，これらの水塊より別に沖合の各所に 3～5 ppm の小さな水塊の分布がみられたが，これは赤潮（主として *Heterosigma inlandica*）の分布によるもので，高COD，高pH の特徴を示しており，山陽パルプ周辺の廃水による高COD，低 pH との区別ができた。

pH は，山陽パルプ，大竹東栄港を中心に，沿岸部に8.0以下の低い水塊が分布し，パッチ状

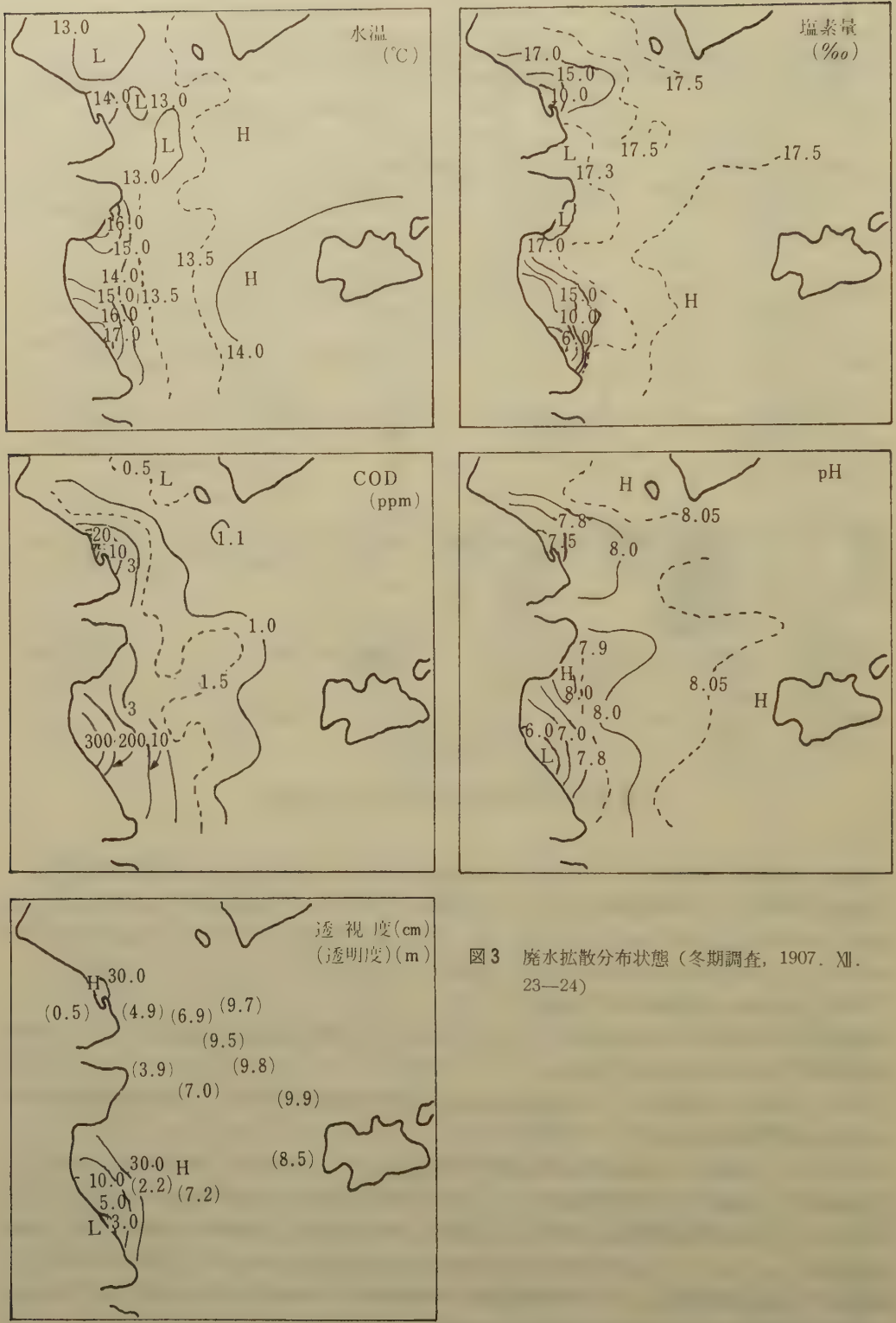


図3　廃水拡散分布状態（冬期調査，1907．XII．23—24）

図4　廃水拡散分布状態（夏期調査，1971．Ⅵ．22）

の赤潮発生水塊は8.3以上の高い値を示していた。

透明度，水色は山陽パルプ廃水口周辺で0.2mで黒褐色（暗褐色）を示し，東栄港でも0.6mと低い透明度で茶褐色～淡茶褐色を呈している。三菱レーヨン地先では薄い乳白色水塊が分布している。

3）底質調査

秋期調査の結果を図5に，夏期調査結果を図6に示す。

i）秋期調査（昭和45年10月20～21日）

ＩＬは，山陽パルプ廃水口付近で18.4％と高い。大竹東栄港では8.6％で通常値より低いが，これは砂質まじりによるもので，その付近の泥質調査点では28％の値を示していた。15％以上の底質の分布は，岩国港周辺で距岸0.5㎞，（市2㎞）大竹市沖では距岸2～3㎞まで分布している。

ＣＯＤは，南の山陽パルプ廃水口から北の東栄港沖まで，小瀬川口を除いて沖出0.5～1㎞で，50 mg/g 以上が分布している。東栄港では 100 mg/g 以上の値を示した。30 mg/g 以上の分布域は，岩国，大竹地先水域で距岸1.5～4㎞の広い範囲に及んでいる。

ＴＳは，帝人廃水口付近で 1.9 mg/g，山陽パルプ廃水口付近で 1.3mg/g，東栄港で 0.7～3.3 mg/g を示した。0.5 mg/g 以上の区域は大竹市沖で距岸約2㎞，岩国沖では3㎞以上に及んでいる。

粒度組成は，帝人，山陽パルプ，東栄港，三菱レーヨン地先，阿多田島西例地先では泥率90％以下を示した。山陽パルプ地先では綿状のパルプ繊維が採取された。

臭気ならびに色は，山陽パルプ廃水口，東栄港で硫化物様の臭が特に強いが，他の沿岸域も全

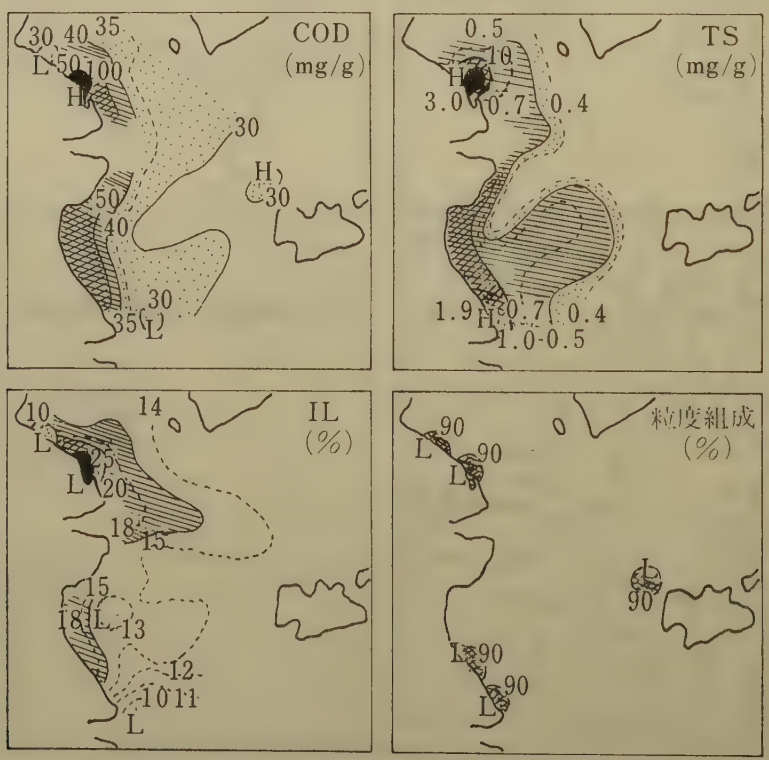


図5　底質の分布状態（秋期調査，1970．Ⅹ．20—21）

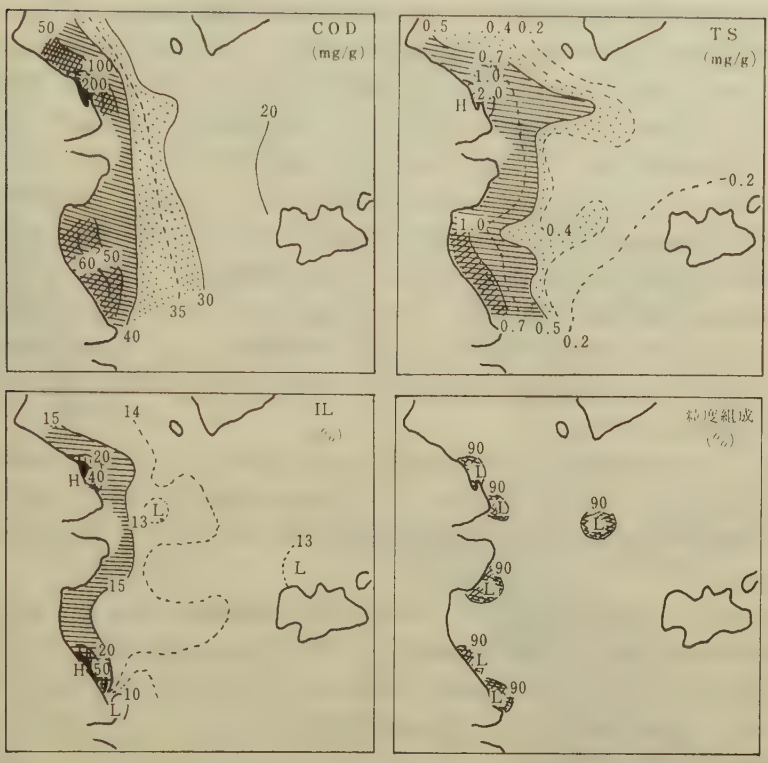


図6　底質の分布状態（夏期調査，1971．Ⅵ．22）

般的に同様の臭がする。この硫化物臭のある底質は黒色をしている。

ii）夏期調査（昭和46年5月26日，同年6月22日）

ＩＬ，山陽パルプ廃水口付近で50％以上，東栄港で50％近くと共に高い値を示した。他の調査点の多くは10～20％である。15％以上の区域は，大竹市側で2～4㎞，岩国側で0.2～1㎞内であった。

ＣＯＤは，山陽パルプ廃水口周辺，東栄港共 200 mg/g 以上，特に後者では 272 mg/g を示した。その 30 mg/g 以上の区域をみると，大竹，岩国沿岸から，宮島，阿多田島のそれぞれの中間付近まで達している。

ＴＳは，山陽パルプ廃水口付近で 1.7 mg/g，東栄港で 2.1 mg/g を示した。0.5 mg/g 以上の範囲は，大竹側で距岸2～3㎞，岩国側で0.5～2㎞まで及んでいる。

粒度組成は，泥率90％以下の場所が，帝人，山陽パルプ，および興亜石油周辺，小瀬川河口北側，東栄港の沿岸域に出現した。大竹と阿多田島の中間に90％以下の場所があったが，砂泥以外の混入物のためとみられた。

臭気ならびに色は，秋期調査と同様に沿岸部で泥は黒色を呈し，硫化物臭があった。

4）その他の調査

i）水質：広島県広島農林事務所，広島県公害研究所の調査結果によると，宮島南西部周辺でＤＯが上，中層で著しく低くなることはないが，底層では夏～秋期に 2 cc/ℓ 近くなる。ＣＯＤ

は夏に表層で 2 ppm に近い場合もあるが，全体的には通常状態であった。大竹，小方沿岸域では，夏に東栄港を中心にＤＯが低下し，東栄港の表層では 2 cc/ℓ 以下の出現頻度は年間で6/12回，1 cc/ℓ 以下が4/12回であった。ここでは５ｍ層でも 3 cc/ℓ 以下になることが多い。ＣＯＤも東栄港で高く，20 ppm 以上が年間で6/12回となり，測定最高値は 37.5 ppm であった。

阿多田島での定時観測によると，夏期には現場比重で20以下になることが多くなり，水色，透明度も悪くなっている。しかし，冬期には異常な結果は得られていない。定時観測時に任意に採水した資料のＣＯＤ値は，水試の月例調査の阿多田島近くの定点より高い傾向がうかがえたが，これは阿多田漁港の影響によるものとみられる。しかし，昭和46年７月29日にはパルプ廃水によるＣＯＤ 11.1 ppm の値が測定され，別に，46年７月22日には，阿多田島東方，岩国沖合10㎞の白石燈台で 4.1 ppm のＣＯＤ値が出現した。このときの航跡にパルプ廃水特有の泡立ちが認められ，またその水のアセトン抽出物の吸光度はパルプ廃液同様波長 750 mμ から 350 mμ にかけて２次曲線状に増加していた*。

ii）潮流：この水域の潮流は，水路部潮流図（海図第6209号）によると，漲潮流は，岩国，大竹沿岸部で北流となり，最大で0.2～0.3 ノット，阿多田島西側で0.4ノットとなる。宮島南端では玖波湾と宮島東岸の２分流となる。落潮は沿岸部で0.3～0.4 ノット，阿多田島西岸で0.5ノットの南流となる。

iii）風向・風力：大竹市清掃センター，阿多田島漁協の観測からみると，冬期は西よりの風，春～夏は南～南東，秋は北東の風が卓越する。大竹は西よりの風の頻度が多く，阿多田島は南よりの風の頻度が少ないが，これは観測点の地形的条件によるものと考えられる。風力は秋から冬の間が大きく，春から夏に小さく，夏は静穏の頻度も多い。

3．水質，底質についての考察

調査対象水域では，岩国市の山陽パルプを中心として岩国港，および大竹市の大竹紙業，日本紙業，ダイセル工業，三菱レーヨン等の廃水口が多くある東栄新開周辺で汚染が著しく，ＣＯＤ値は冬期，夏期の廃水拡散調査時に山陽パルプ廃水口沖で 380 ppm, 193 ppm を示し，東栄新開港では 23 ppm, 20 ppm を示した。これら汚染水塊の分布状況は，夏期と冬期でかなり変動し，海水の成層期にはその範囲が広く，平均値でＣＯＤ 2 ppm 以上，ＤＯ 5cc/ℓ 以下，透明度４ｍ以下の水域が，岩国側で４㎞沖の阿多田島西岸近くまで，大竹市側は２㎞沖まで分布している（図７参照）。この期間中の分布の特徴は，昭和46年６月の拡散調査や月例調査にみられるように，不定形のパッチ状の廃水塊の分布が沖合にみられることである。循環期には，このような廃水の分布は，岩国側で約２㎞，大竹市側で1.5㎞内に縮小されている。しかし，これらは平均的な分布状況であって，広域拡散の特殊な事例として，白石燈台でＣＯＤ 4.1 ppm，阿多田港で 11.1 ppm が測定されており注目される。そこで表層水について，循環期と成層期のＣＯＤ，ＤＯの平均値と標準偏差を用い，各調査点において環境基準類型（ＡＢＣ)** の各基準濃度以上の出現割合を推定した（図８参照）。調査の範囲では出現値の分布型が明らかでないが，一応正規分布とみなし，そのままの数値で計算した。これによるとＣＯＤでは，Ｃ類型基準値の 8 ppm を越す値が成層期，循環期ともにかなり出現するように推定された。成層期には山陽パルプ沖１㎞でも50％以上，阿多田島西岸1.5㎞西方でも30％以上の出現率となる。また，Ｂ類型のＣＯＤ 3 ppm 以上，Ａ類型の 2 ppm 以上の出現率も高く，成層期には30～50％の出現率の海域は阿多

---

* この調査時点では不明であったが，岡市（岡市友利・他，1971：香川大・農学報，23，104～111）によると，パルプ廃液は紫外部 275～280 mμ に高い吸光を示すことを報告している。

** 昭和45年９月に水質環境基準の類型指定が行われた（Ａ類型：直ちに達成，Ｂ・Ｃ類型：５年以内で可及的すみやかに達成）

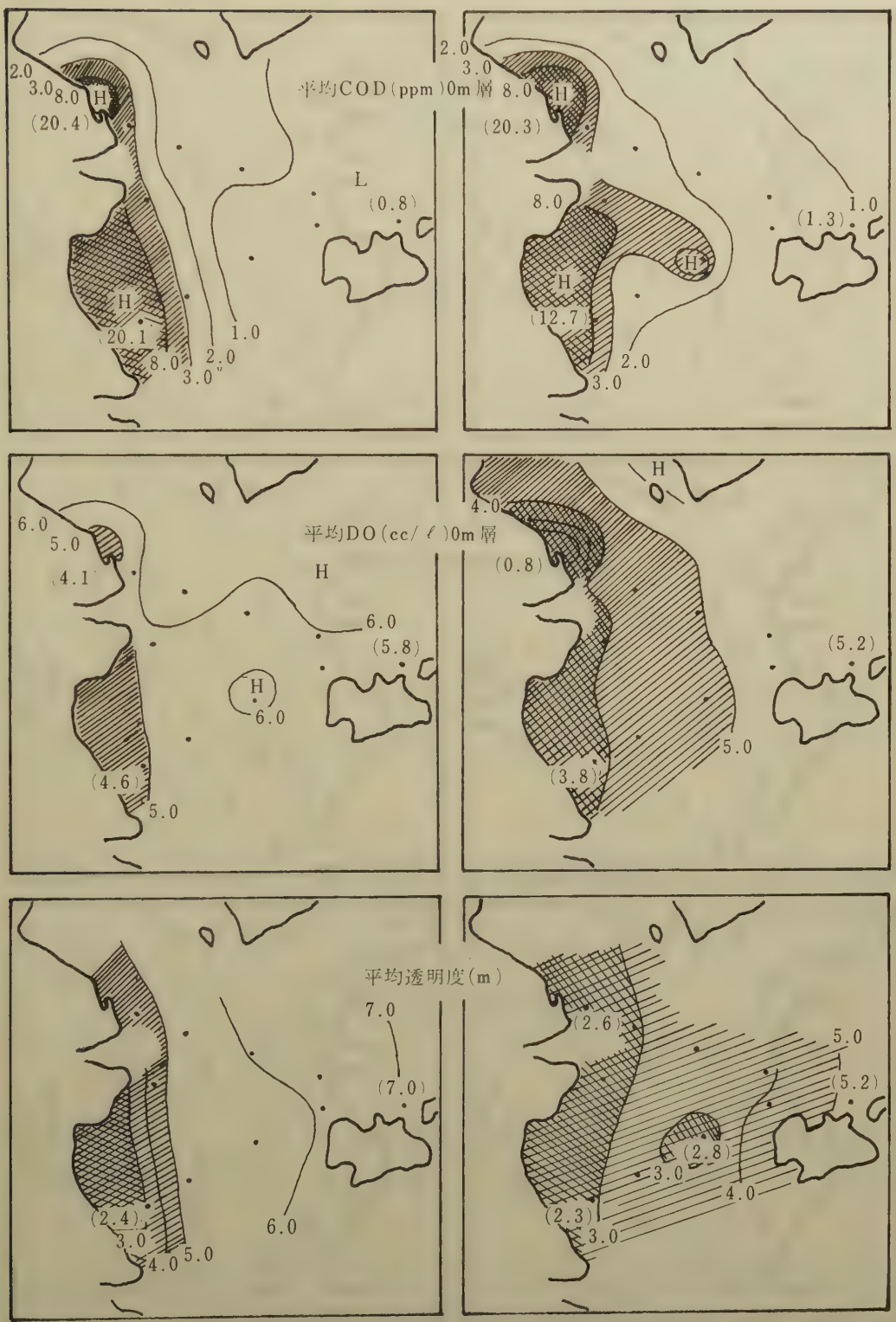


図7　表層の循環期，成層期別，COD，DO，透明度の平均値の分布
左側…循環期（10月～4月）　右側…成層期（5月～9月）

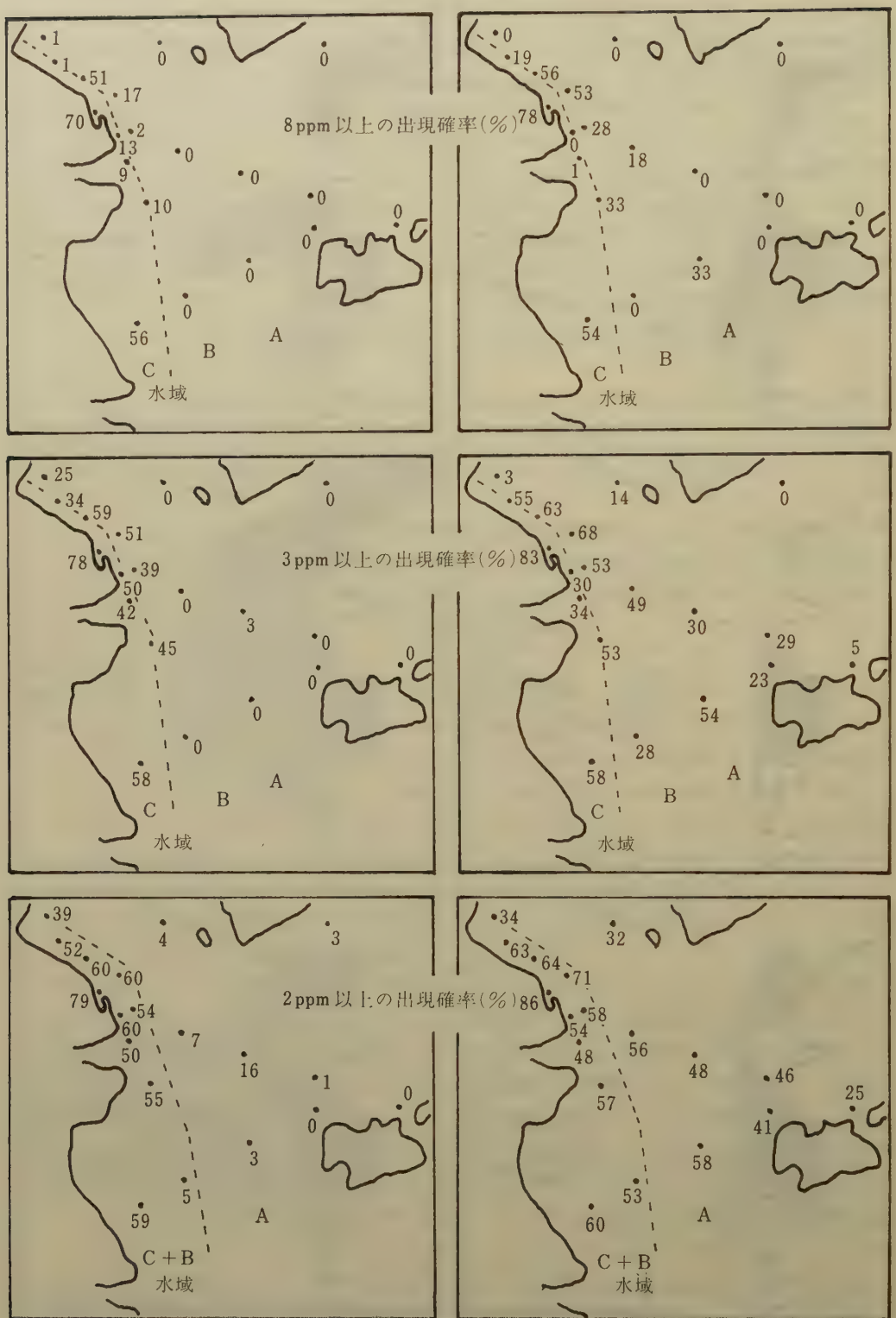


図8－1　各調査点の0m層の循環期，成層期別，COD 8 ppm, 3 ppm, 2 ppm 以上の出現確率
左側…循環期（10～4月），　右側…成層期（5～9月）

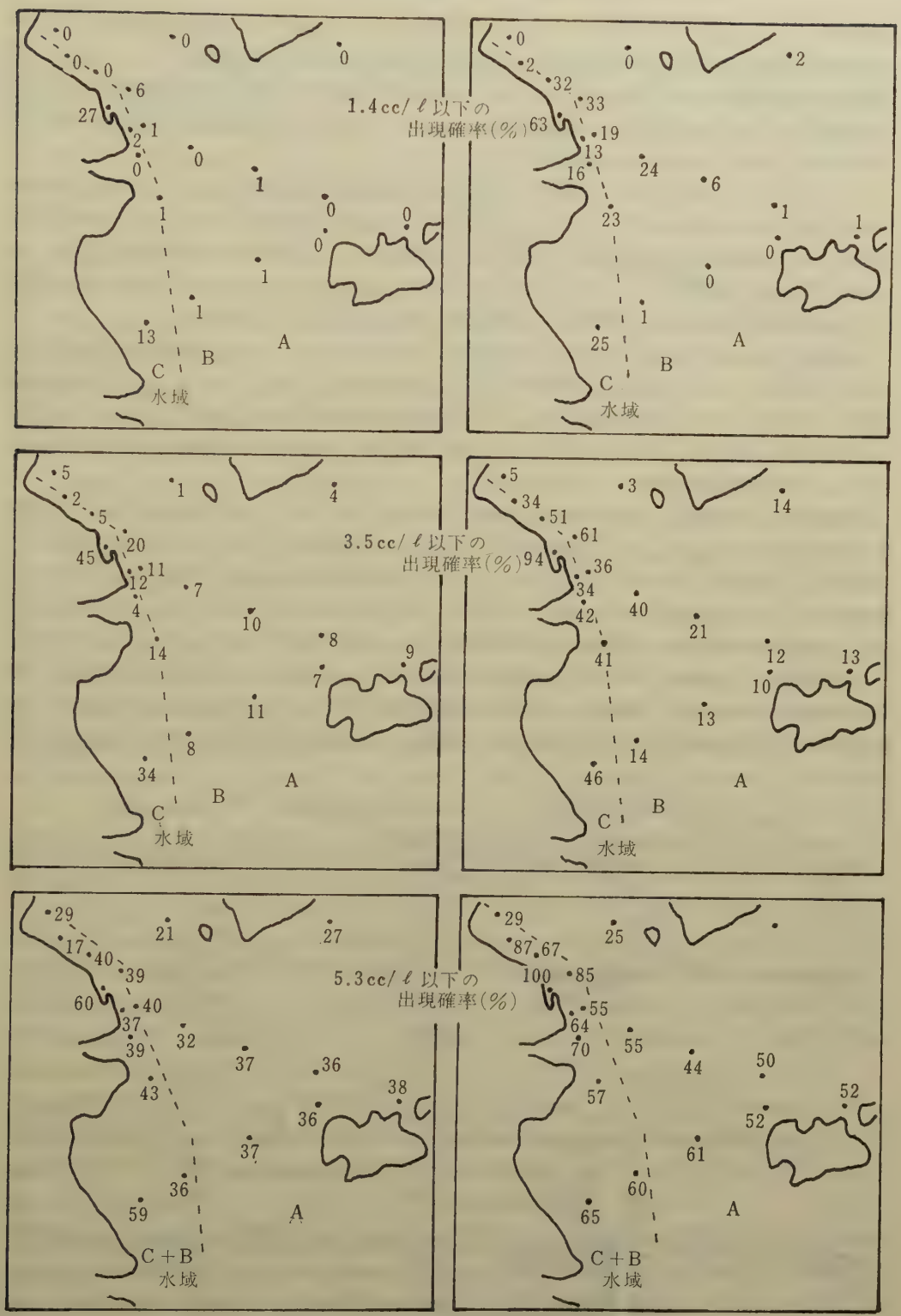


図8—2　各調査点の0m層の循環期，成層期別，DO 1.4cc/ℓ, 3.5cc/ℓ, 5.3cc/ℓ 以下の出現確率
左側…循環期（10～4月），　右側…成層期（5～9月）

田島を含めてかなりの範囲に達する。また，成層期にDO 3.5 cc/ℓ（B型類型規準値）以下の出現が阿多田島周辺でかなりの高率に推定されるのも問題である。山口県の調査[4]でも，岩国，和木沖水域の環境基準ランク別不適合率をみると，昭和46年度のCODは，A類型水域33%，B類型水域35%，C類型水域21%，平均不適合率31%を示し，本調査から推定された前述の各類型基準不適合値出現率とほぼ同様の結果になる。

COD，pH，DOの循環期，成層期別の平均値から大竹―阿多田島間，および岩国―阿多田島間の各垂直分布を9図に示した。これによると，COD，pH，DOとも，大竹より岩国側に沖合および下層への廃水の影響力が強い。成層期には循環期よりも水平的拡散が広範囲におよぶ。また，成層期では，底層のDO，pH が低く，且，廃水口に近づくほど低い傾向がみられる。成層により海水の流動が減少し，汚染泥の2次的影響が現われたものとみられる。

成層期にこの水域のかなりの部分が，透明度3～4 m以下になることは，生産層が非常に浅くなることを示している。岩国地先2 km以内での生産層は8 mより浅く，しかも上層4～5 m以浅の層はCOD 3 ppm 以上の廃水が存在し，上下層とも低酸素量の死んだ海となっている。底層の溶存酸素量の低下は，透明度の低下によって生産層が浅くなることと，底泥（汚染沈下物も含む）による溶存酸素の消費によると考えられる。

昭和37年度に広島県，山口県が行なった調査と本調査[6]のCODの分布を比較すると，汚染範囲，濃度が増大している。また，昭和40年度の調査[7]と本調査について，大竹，岩国沖の8定点の循環期と成層期のCODの平均値を比較すると，大竹東栄新開，小瀬川口周辺では，循環期，成層期共に大きな変化はみられなかった。しかし，大竹側の6点のうち4点では，その数値に2倍以上の増加がみられる。山陽パルプ沖1 kmの点では，循環期で 39 ppm から 20 ppm に低下し，成層期では 4.3 ppm から 12.7 ppm に増加している。山陽パルプ周辺を始め沿岸域のCOD値は変動が大きいので，標本数4～8の平均値の比較では多くのことは云えないが，底質，生物相の調査の汚染の進行と対比して考えると，海域における廃水分布の監視調査の方法に検討す

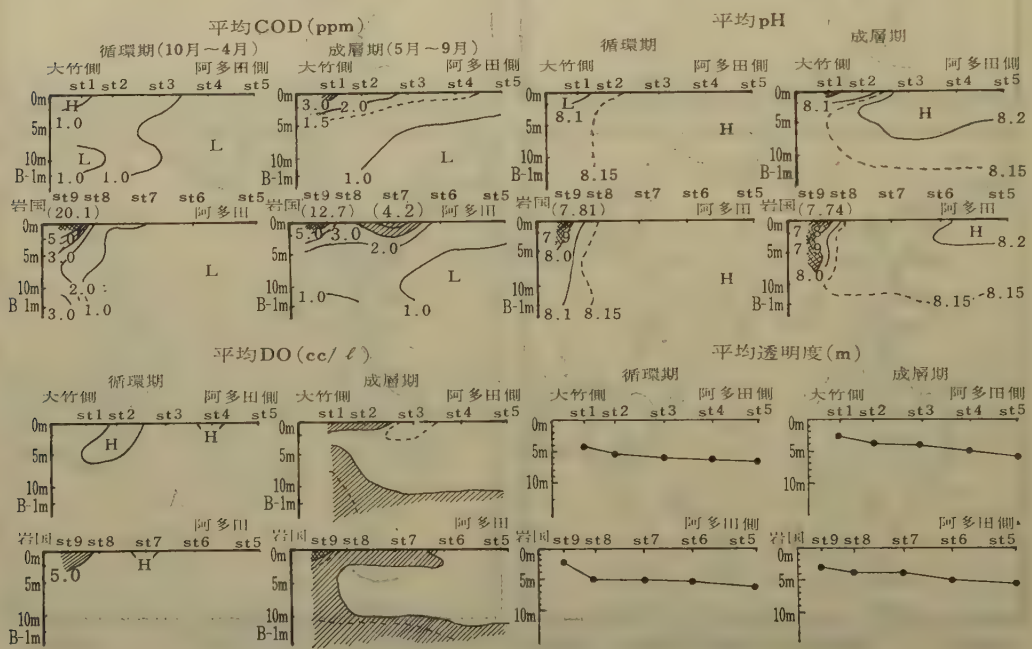


図9　循環期，成層期別のCOD，pH DO，透明度の平均値の垂直分布

べき点が残されているように思われる。

広島湾における透明度の長期的変化をみると，図10のようになる。沖合域の安芸灘西部の大館場島では昭和27～30年に比して42～45年の変化はあまりないが，大竹，岩国水域の東方にある白石，甲島では低下が明瞭である。なさみ島でも低下がみられるが，季節的に白石，甲島が主として3～9月の透明度の低下が大きいのに対しなさみ島は1～6月の低下が大きい傾向がみられる。また，白石，甲島では昭和30年代初期には透明度の低下がすでにみられていたがなさみ附近の低下はそれより遅れている。白石，甲島は廃水の分布からみて，岩国，大竹地区の工場廃水の影響があるものとみられる。

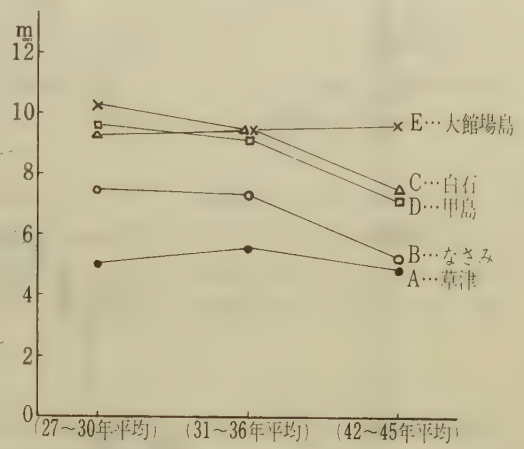


図10　広島湾の透明度の年変化

底質の汚染状況をみると，昭和45年10月と46年5～6月では状況が若干異っている。45年10月では，夏期の底質汚染の影響が残っていて，46年5～6月では，冬期の回復期の後で汚染が若干減少しているようである。しかし，汚染の中心は大竹市東栄新開の廃水口群と，岩国市の山陽パルプ廃水口，および岩国港にあって汚染分布の大勢には相異はない。45年夏には大規模な赤潮が発生したので，この影響による汚染も考えられたが，45年10月の調査結果でみられる範囲内ではその影響は明らかでなく，底質汚染は工場廃水口を中心に拡っている。今回の調査で今津川口周辺と，阿多田島から小瀬川河口右岸沖合にかけてＩＬの低い区域が認められるが，これが何によるかは不明である。

底質汚染の進行状況を，昭和26～27年の調査[8]，40年の調査[7]とのＩＬで比較すると，その間に汚染かなり進行していることがみとめられる。ＩＬ15％以上の区域は，昭和26には岩国の山陽パルプ，大竹の東栄港とも，範囲は0.5㎞以内であった。昭和27年には岩国地区で汚染が若干進んでいるようであるが1㎞以内で，その外側周辺では10％以下の区域もまだみられていた。しかし，昭和40年，45年には汚染域が拡大して，10％以下の区域は今津川口周辺を残すだけである。15％の区域は山陽パルプ廃水口から岩国港側に拡がって，14％以上の区域は，岩国と阿多田島との中間点より東側（岩国から2～3㎞の沖合）まで達している。このような汚染の進行は大竹側でもみられる。底質のＣＯＤも，灼熱減量と同様に昭和26～27年の調査に比較して40年，45年の調査では汚染域が拡大している。昭和26～27年にはＣＯＤ 30 mg/g 以上の区域は山陽パルプ沖でも廃水口周辺1～2㎞以内であって，その外域には 20 mg/g 以下の区域もみられたが，45～46年には，汚染域は拡大して岩国，大竹の沖合2～3㎞の大部分は 30 mg/g 以上になっている。

指標を一応ＣＯＤ 30 mg/g，ＴＳ 0.5 mg/g，ＩＬ 15％以上として汚染範囲をみると，大竹，岩国沿岸から宮島，阿多田島の中間あたりまでがこれに入る。この指標は漁場環境指標としては高い値であり，県内の他水域に比して大竹，岩国水域の底質汚染進行がそれだけ大きいことが明瞭である（図11参照）。

底質汚染と水質汚染を比較して特徴的なことは，水質では大竹側より岩国側が廃水のＣＯＤ負荷量が大きく，汚染範囲も広いが，底質では，汚染の範囲，また程度が同等かむしろ逆に大竹側の方で汚染が進行していることである。これは大竹の廃水口群が玖波湾口に位置し，東北側に宮島があるため海水の流動が少なく，底質汚染が進みやすいこと，更に，大竹，岩国の沖合では，潮流が南北方向であること，汚染が進む夏期では南よりの風が卓越するなどにより，岩国側の汚

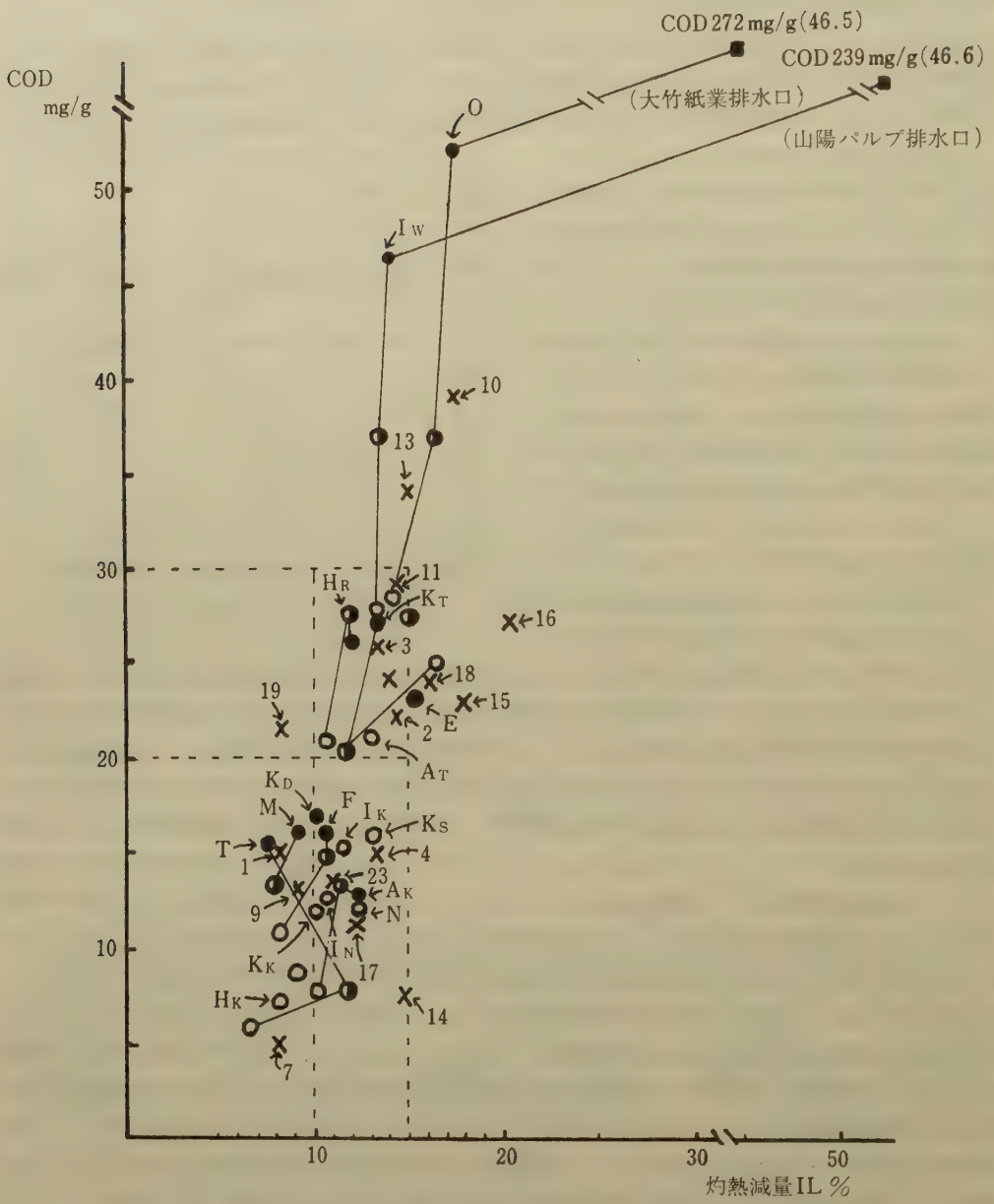


図11　広島県における水域別底質のＣＯＤとＩＬの関係（1971．Ⅷ）

O．大　竹，Iw．岩　国，HR．広　湾，KT．海田湾，E．江　波，AT．阿多田，KD．呉水道，M．三原湾，IK．五日市，F．福山湾，T．竹　原，KK．かくま，AK．安芸津，N．なさみ，IN．生野島，HK．百貫島，Ks．黒　島

● 距岸０～１km，◑ 距岸１～２km，○ 距岸２km以上，× St．別

染水が大竹沖に分布するものとみられる。岩国側の廃水が南よりの風波，潮流によって，沿岸よりに岩国港，小瀬川口を経て１km程度の巾で，大竹沖に流入しているのがしばしば観察されている。勿論，大竹側の工場廃水の流出も大きいが，廃水量，負荷量がさらに大きい岩国側の工場廃水の流入による影響を無視できる根拠は見当らない。

生物学的調査

浮遊生物，底生生物を指標とする汚染の影響範囲と，廃水が水産生物にどの程度の影響を与えるかについての知見を得るためつぎの調査，試験を行なった。

1．調査項目ならびに測定方法

1）浮遊生物調査

ｉ）ネット採集プランクトン調査：北原式表層プランクトンネット（ＸＸ13，口径30㎝）を使用し，水質月例調査の St. 1, 3, 5, 7, 9 の5点で毎月，垂直10m曳で採集し，主要種，卵稚仔，甲殻類幼生（エビ，カニ類）の各出現数を比較した。

ii）赤潮プランクトン調査：表層水を250cc採集して持帰り，計数板上で1cc中のプランクトン数を測定した。*Hemieutreptia antiqua* は少数だったので250cc瓶を2～3時間静置後，ピペットを使用し沈澱物を1cc採り計数し，発生状況を検討した。昭和45年9～10月，46年4～9月の水質月例調査時の全調査点(60点)，昭和46年6月22日の廃水拡散調査時の全定点，また，昭和46年8月16日には別に10点でそれぞれ調査した。

2）底生生物調査

ｉ）小型底生生物調査：図1の調査点55ケ所（St. 1～55）においてエクマン型採泥器を用い各点2回採泥し，その泥の全量を1㎜目の篩を使用して洗い，残りの生物を検査した。調査は秋期（昭和45年10月20日），夏期（昭和46年5月26日，6月22日）の2回とした。生物の内，多毛類の査定は東海区水産研究所北森良之介博士にして頂いた。

ii）大型底生生物調査：調査点8ケ所（図1，St. A～H）では大型ドレッヂを10分間曳航し，採集物を検査した。調査は昭和45年2月15～16日に実施した。

iii）小型底曳漁獲物調査小型底曳網で7ケ所の調査点（図1，St. Ⅰ～Ⅶ）で，10分間曳網し，漁獲物を検査した。調査は昭和45年9月21日，および46年10月28日の2回行なった。

3）生物試験

ｉ）室内試験

a．試験1：昭和45年9月7日，山陽パルプ廃水口地先50m付近の採水を使用し，広島県水産試験場内で，ハマチ（200ｇ×10尾）は円型5㎥コンクリート水槽で9月9～10日に，アミメハギ（3.5ｇ×10尾）は3ℓビーカーで9月10～12日にそれぞれその影響を試験した。試験区はハマチについては原水（廃水口地先50m沖に放出されたもの）に対して，$\frac{1}{200}$，$\frac{1}{1000}$，対照の3区，アミメハギでは原水，$\frac{3}{4}$，$\frac{1}{2}$，$\frac{1}{4}$，$\frac{1}{8}$，低比重海水（ＳＧ14），対照の6区で行なった。

b．試験2：昭和46年6月23日　山陽パルプ廃水口沖20m，大竹紙業廃水口沖30m，三菱レーヨン廃水口沖5m，およびダイセル工業廃水口沖3m沖の採水をそれぞれ原水として，(a)ハマチ幼魚，(b)マダイ稚魚，(c)マダイ卵発生，(d)カキの卵発生に対する影響について試験した。

(a)　ハマチ幼魚：全長8.2～17.7㎝，体重5.6～49.3ｇのハマチ4尾を100ℓのダイライト水槽に入れ，各工場原水ごとに100%，56%，32%，10%，3.2%，1.0%，対照の7区として24時間へい死尾数を調べた。エヤーレイションを併用した。

(b)　マダイ稚魚：ふ化後1～2日の稚魚（全長4～6㎜）を3ℓビーカーで試水濃度を各工場原水ごとに10%，3.2%，1%，0.32%，0.1%，対照の6区として24時間へい死数を調べた。

(c)　マダイの卵発生：産卵後約22時間経過の眼胞出現過程の卵を，上述のマダイ稚魚試験と同じ試験区とし24時間，中の正常ふ化稚魚の残存率をふ化率として求めた。

(d)　カキの卵発生：人工受精後分割中のカキ発生卵をマダイの卵発生試験と同じ試験区

とし，24時間内の正常D型幼生の発生割合を変態率として求めた。

ii）現場試験：大竹紙業廃水口沖30m，500m，山陽パルプ沖100m，および500mの表層の各4ケ所に1.5×1.5×1.0m（深さ）の網生簀を設置し，昭和45年11月24日15時より25日10時までの約19時間，各生簀にハマチ（全長25～37cm，体重305～625g）3尾，マダイ（全長11～14cm，体重20～45g）3尾，およびクロダイ（全長12～14cm，体重30～48g）2尾を収容，そのへい死数を調べた。

2. 調査結果

1）浮遊生物調査

i）ネット採集プランクトン：全調査点の月別平均沈澱量は1月の22.7ccが最大で，最小は11月の5.9ccであった。秋期から冬期には沖合域で，春季から初夏にかけては沿岸域で増加量が大きい。しかし，場所的変動よりも時期的変動が大きい(図12)。この傾向は，種組成でも同様である。6～7月を除くと硅藻類が主体を占めるが，3月から9月にかけては原生生物の増殖が著しく，特に5月下旬から7月中旬までの間，植物性プランクトンに変わり主体を占める。動物性

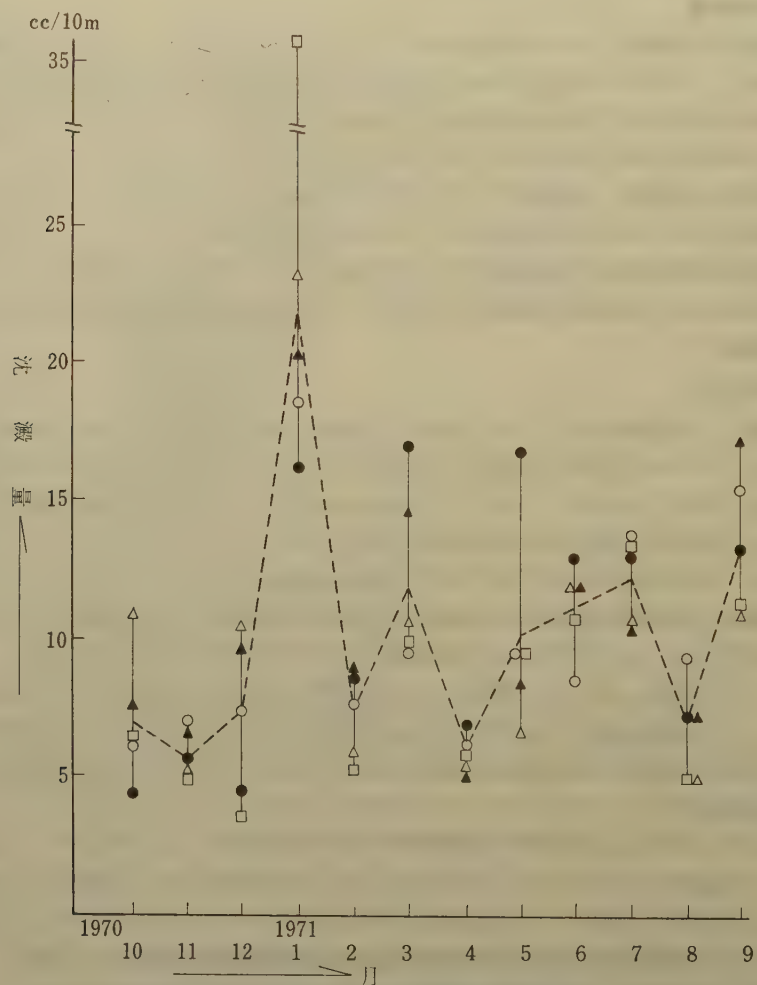


図12　プランクトン沈澱量の季節的変化

● St. 1，○ St. 3，□ St. 5，△ St. 7，▲ St. 9

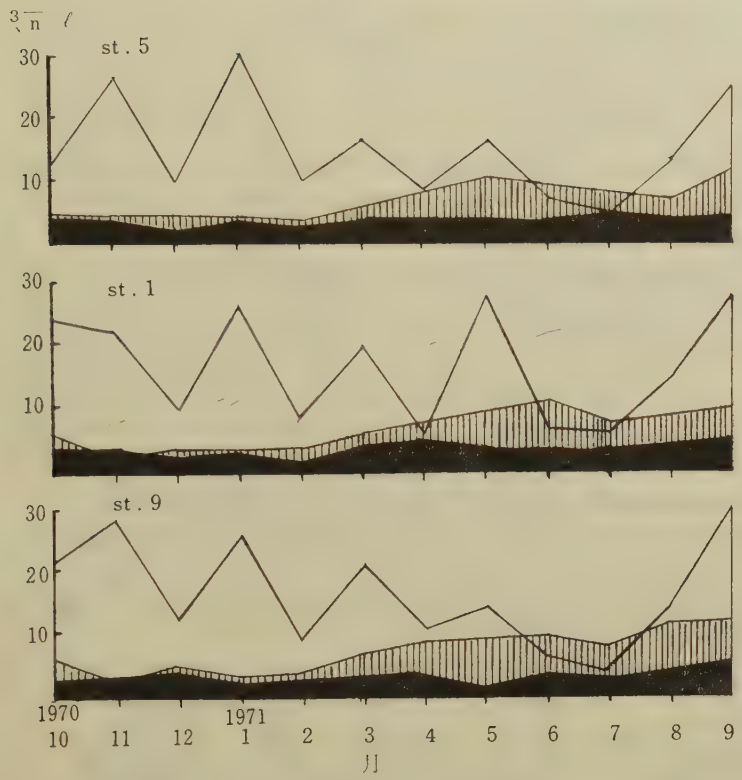


図13　類別プランクトン個体数の月別変化

■ 動物プランクトン
原生動物
□ 植物プランクトン

表3　水域別多量出現プランクトンの季節的変化

年・月 / 水域	1970(45) 10	11	12	1971(46) 1	2	3	4	5	6	7	8	9
沿岸水域 (St.1,9)	*Sk.* *Nit.* *Ch.*	*Sk.*	*Nit.* *Ch.*	*Sk.* *Tha.* *Ch.*	*Cos.* *Ch.*	*Sk.* *Eu.* *Nit.* *Cer. t.*	*Nit.* *Cer. f.* *Cer. t.*	*Sk.* *Cer. f.* *Cer. t.* *Cod.*	*Noc.* *Cer. f.*	*Noc.* *Aca.* *F.*	*Sk.* *Nit.* *Cos.* *Cer. f.* *F. L.*	*Sk.* *Ch.* *Cer. f.* *Aca.*
中間水域 (St.3,7)	*Ch.* *Sk.*	*Sk.* *Cos.*	*Nit.* *Ch.*	*Sk.* *Nit.* *Tha.*	*Nit.* *Cos.* *Ch.*	*Sk.* *Eu.* *Ch.* *Cer .t.*	*Sk.* *Cer. f.* *Cer. t.*	*Sk.* *Noc.* *Cer. f.* *Cer. t.*	*Noc.* *Cer. f.* *Cod.*	*Noc.* *Aca.* *F. L.*	*Sk.* *Nit.* *Noc.* *Cer. f.* *F. L.*	*Sk.* *Nit.* *Ch.* *Cer. f.* *G. L.*
沖合水域 (St.5)	*Sk.* *Ch.*	*Sk.* *Nit.* *Ch.*	*Nit.*	*Sk.* *Nit.* *Cos.* *Ch.* *Tha.*	*Ch.*	*Sk.* *Nit.* *Cos.* *Eu.* *Cer. t.*	*Sk.* *Nit.* *Cer. f.* *Cer. t.*	*Sk.* *Cos.* *Ch.* *Cer. f.* *Cod.*	*Noc.* *Cer. f.*	*Aca.* *F. L.* *G. L.*	*Sk.* *Nit.* *Cos.* *F.*	*Sk.* *Cos.* *Ch.* *Cer. f.*

Sk.; *Skeletonema costatum*, *Nit.*; *Nitzschia seriata*, *Ch.*; *Chaetoceros* spp.,
Cos.; *Coscinodiscus* spp., *Tha.*; *Thalassiothrix longissima*, *Eu.*; *Eucampia zoodiacus*,
Cer. t.; *Ceratium tripos*, *Cer. f.*; *Ceratium fusum*, *Noc.*; *Noctiluca scintillans*,
Cod.; *Codonellopsis nipponica*, *Aca.*; *Acanthometron pellucidum*, *F.*; 魚卵
L.; 稚魚　　*G. L.*; エビ・カニ類幼生,

表4　赤潮プランクトンの季節的変化

種名 ＼ 年・月 St.	1970. 9						1971. 4						5					
	1	3	5	6	7	9	1	3	5	6	7	9	1	3	5	6	7	9
珪藻類・微細珪藻							ccc											
Skeletonema								c					##	##	##	##	##	##
Chaetoceros																		
Nitzschia																		
鞭毛虫類 *Dictyocha*																	r	
Haplodinium							r		r	r				r				
Prorocentrum																		
Exuviaella																		
Heterosigma													+	+	r			
Gymnodinium														r		r		r
Peridinium																		
Ceratium														r	r			
Eutreptiella																		
Hemieutreptia	r	r	0	0	ⓡ	r												
微細鞭毛虫類							r	r	+	r	##	c	±	r	r	+	r	+
繊毛虫類 *Euciliata*																		

種名 ＼ 年・月 St.	1970. 9						1971. 4						5					
	1	3	5	6	7	9	1	3	5	6	7	9	1	3	5	6	7	9
珪藻類・微細珪藻																		
Skeletonema																		
Chaetoceros																		
Nitzschia																		
鞭毛虫類 *Dictyocha*																		
Haplodinium																		
Prorocentrum																		
Exuviaella																		
Heterosigma																		
Gymnodinium																		
Peridinium																		
Ceratium																		
Eutreptiella																		
Hemieutreptia																		
微細鞭毛虫類																		
繊毛虫類 *Euciliata*																		

種名 ＼ 年・月 St.	6						7						8						9					
	1	3	5	6	7	9	1	3	5	6	7	9	1	3	5	6	7	9	1	3	5	6	7	9
珪藻類・微細珪藻																								
Skeletonema	ccc	ccc	##	##	##	##						##	cc	ccc	cc	c	cc	cc	ccc	c	r	c	##	##
Chaetoceros													±	+	r	r	r	r	r	r	r	r	r	
Nitzschia																	r	r	r	r	r	r		
鞭毛虫類 *Dictyocha*														r	r	r		r						
Haplodinium																								
Prorocentrum					r				r														r	
Exuviaella		r				r	r		r						r				r	r				
Heterosigma		c	r	r			r	r	r	r							r						r	
Gymnodinium	+	±	r	r		r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r			
Peridinium													r	r		r	r	r	r	r	r			
Ceratium									r							r						r		
Eutreptiella																								
Hemieutreptia													ⓡ	ⓡ	ⓡ	ⓡ		ⓡ						
微細鞭毛虫類	c	cc	cc	cc	cc	cc	r	r	r	r	+	+	cc	cc	##	##	##	##	##	##	##	c	##	##
繊毛虫類 *Euciliata*							r	r		r	r		+	+	r	+	+	r				r		

赤潮プランクトンの密度　cells/mℓ

ⓡ；1 mℓ 中には出現しない。
r ；＜300
± ；　300—　500
＋ ；　500—1,000
；1,000—3,000
c ；3,000— 5,000
cc ；5,000—10,000
ccc ；10,000＜

プランクトンは大きな季節変化はみられなかったが，冬期にに少なく，春，夏に増加する（図13，表3）。魚卵，稚魚，甲殻類幼生（エビ，カニ）の出現は6～9月，特に7～8月に多かった。魚卵，稚仔（主にカタクチイワシ）の7月の出現は，中間水域では卵が最も多く，沖合域では稚仔の出現が最も多い。沿岸水域では卵，稚仔とも出現量が少ない。8月の魚卵の出現量は場所的な差は著しくないが，稚魚の出現量は沿岸域に多い。しかし，9月には卵稚仔ともに中間，および沖合域にくらべ沿岸では著しく減少する。

ii）赤潮プランクトン

a．昭和45年夏期の赤潮：この年には広島湾奥部と同様に6月初旬から赤潮が発生し，6月下旬～7月上旬に広範囲に分布した。この時期の主要種は，*Skeletonema costatum*, *Heterosigma inlandica* で，混在種として *Rhodomonas* spp., *Haplodinium antijolense*, *Gymnodinium* spp. 等が多かった。つぎに，8月中旬に赤潮発生が認められ，阿多田島の養殖ハマチが大量へい死した。この時の種は *Hemieutreptia antiqua*（ムカシウミミドリムシ）であった。9月下旬にはこの赤潮は消滅した。

b．昭和46年度の赤潮（表4参照）：4月より *Skeletonema costatum* の増殖があり，6月上旬には中間水域で2000群体/cc以上になった。*Heterosigma inlandica* は5月上旬認められ，6月上旬には St. 2，3，4の水域で 200～12,500 個/cc の赤潮となった（図14）。7月には赤潮は消失し，8～9月には *Skeletonema* の増殖があったが顕著な赤潮にはならなかった。*Hemi-*

図14　*Heterosigma inlandica* の分布（1971.Ⅵ.22）

cc：非常に多い
c：多い
++：普通

：濃密な工場廃水分布域（着色）

：工場廃水分布域（pH<8.0）

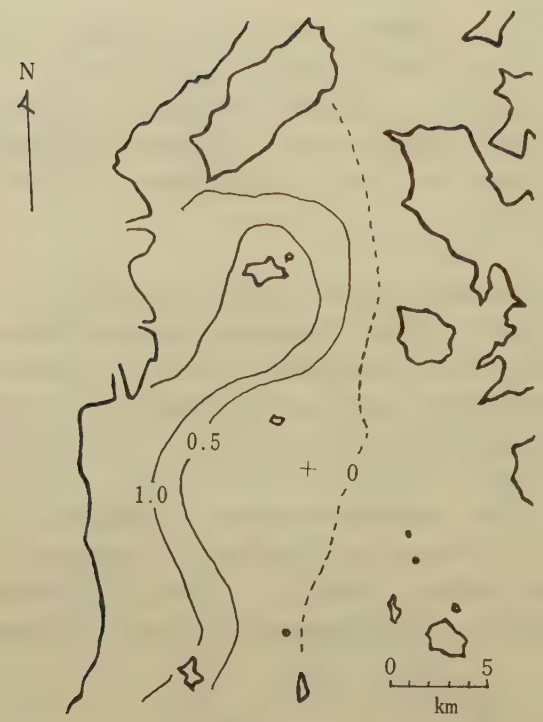


図15 *Hemieutreptia antiqua* の分布（1971. Ⅷ.16）（数字は個体数コ/mℓ）

表5 底 生 生 物 相（1970.10.20）

種類 \ St.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
多毛類																														
Notomastus sp.		2								1									1				1					1	1	1
Poecirochaetus japonicus				1																										
Ancistrosyllis hanaokai					1																									
Glycera sp.						1																	1							
Lumbrineris brevicirra								1																						
Stauronereis rudolphi																								1					1	
Nephtys polybranchia																														
種類数	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	1	2	1
個体数	0	2	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	1	2	1
軟体動物 二枚貝類		1			1	4												1										2		1
巻貝類					1	1																								
種類数	0	1	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
個体数	0	1	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1
その他の動物 棘皮動物					1	2																						2		
節足動物						7																								
種類数	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
個体数	0	0	0	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
総種類数	0	2	0	1	4	5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	1	0	0	0	3	2	2
総個体数	0	3	0	1	4	15	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	1	0	0	0	5	2	2

エクマン型採泥器使用。

表6 底生生物相 (1971年5月～6月)

種類 \ St.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
多毛類 *Notomastus* sp.		4		1		1		4						3				1									3	1	1	3					1	1	2				1	1	2	1	2	1	1		5	1					
Ancistrosyllis hanaokai		1				1								1										1	8	1	1	1						4									1	2	1	4	1	1	1		4		
Glycera sp.				1		1												1											1										1	2	1						1					1		
Glycera chirori		1																																1		1		2														
Stauronereis rudolphi																																		1				1														
Nephtys polybranchia	1			1	2	2	1	1		2	1		1					1	1					1	2									1		1	1				1	1	2	1	3	2		2		1		1		
Ampharetidae sp.																1																																						
Lumbrineris brevicirra					1			6	1		2			1	1	4									3									5		1		1	2			2	1			1		1				
Capitella capitata japonica															17	161			1		3	5		5	1								88					61												5			
その他の多毛類	1	1		2	2		1		1																	3	10							5		1		7		1	1			1		2	1	2	1		1		12	
種類数	2	4	0	5	3	4	2	3	2	1	2	0	1	3	2	3	0	3	2	0	1	1	0	2	3	6	7	2	2	1	0	0	0	0	10	1	5	2	6	3	3	6	3	2	4	4	5	2	7	3	2	3	1	4	0
個体数	2	7	0	5	5	5	2	11	2	2	3	0	1	5	18	166	0	3	2	0	3	5	0	6	10	9	14	2	2	3	0	0	0	0	105	1	5	3	11	64	4	6	5	3	6	6	7	2	15	3	2	3	5	18	0
軟体動物 二枚貝類						1			1	1	4		1	2	1	23				2			1		1						4					1	1		1																
巻貝類										3								1		2						1									1	1									1		1		2					
その他									1																																											1		
種類数	0	0	0	0	0	1	0	0	2	2	1	0	1	2	1	2	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	3	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	2	1	2	0	1	0	2	0	0	0	2	0
個体数	0	0	0	0	0	1	0	0	2	4	4	0	1	2	1	23	0	1	0	2	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	4	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	2	1	2	0	1	0	2	0	0	0	3	0
その他の動物 扁形動物						1																							1																	1							
腔腸動物																												1																										
紐形動物																											1																										
環形動物									1									2																						2														1		
節足動物																																			2																		2		
棘皮動物				3														2								1	1									1			5				1		1	1	1						
原索動物																																						8																
魚類																																							1															
種類数	0	0	0	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	3	1	1	0	0	0	1	0	2	1	1	0	0	0	2	0
個体数	0	0	0	3	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0	13	2	1	0	0	0	1	0	2	1	1	0	0	0	3	0
総種類数	2	4	0	7	3	6	2	3	5	3	3	0	2	5	3	5	0	6	2	1	1	1	1	2	4	8	8	3	3	1	3	0	0	0	12	3	5	3	9	4	4	6	5	3	7	4	8	3	10	3	2	3	1	8	0
総個体数	2	7	0	8	5	7	2	11	5	6	7	0	2	7	19	189	0	8	2	2	3	5	1	6	11	11	15	3	3	3	4	0	0	0	108	3	5	4	24	66	5	6	7	4	9	6	10	3	18	3	2	3	5	24	0

＊ エクマン型採泥器使用。

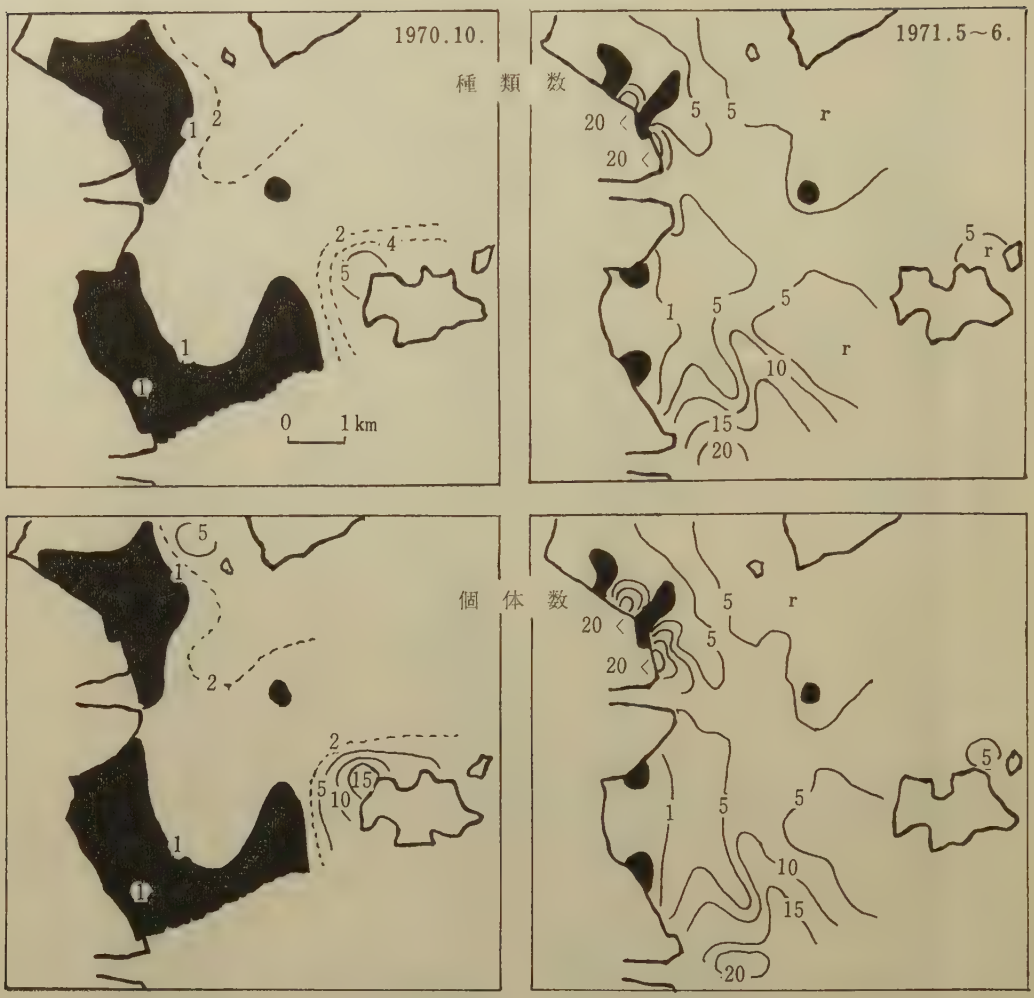


図16　小型底生生物の分布　　無生物域

eutreptia antiqua は8月上旬に岩国市沿岸部に少数出現したが赤潮形成には至らなかった（図15)。

2）底生生物調査

i）小型底生生物：調査結果を表5，表6に示す。昭和45年10月の出現種は貧困で，夏期の影響が著しい。昭和46年5～6月では生物相の回復が認められる。1調査点当り種類数と個体数は，前者が0.9種，1.3，後者が3.1種，11.6である。

10月には大竹水域側で沿岸部より玖波湾中央域にかけて広く無生物域があり，岩国水域では小瀬川河口を境として岩国沿岸部より阿多田島西側に無生物域が広がる(図16)。小瀬川河口沖合では多毛類（*Notomastus* sp.）の出現数が多く，阿多田島西側では軟体動物の出現数が多い（図17)。汚染指標となる多毛類の *Capitella capitata japonica* は出現時期の相違のため10月には採集されなかった。

5～6月には無生物域は縮小され，大竹水域では東栄港より1.2㎞沖，三菱レーヨン廃水口から0.7㎞沖まで，岩国水域では岩国港（St. 20)，山陽パルプ廃水口地先，および小瀬川河口（St.

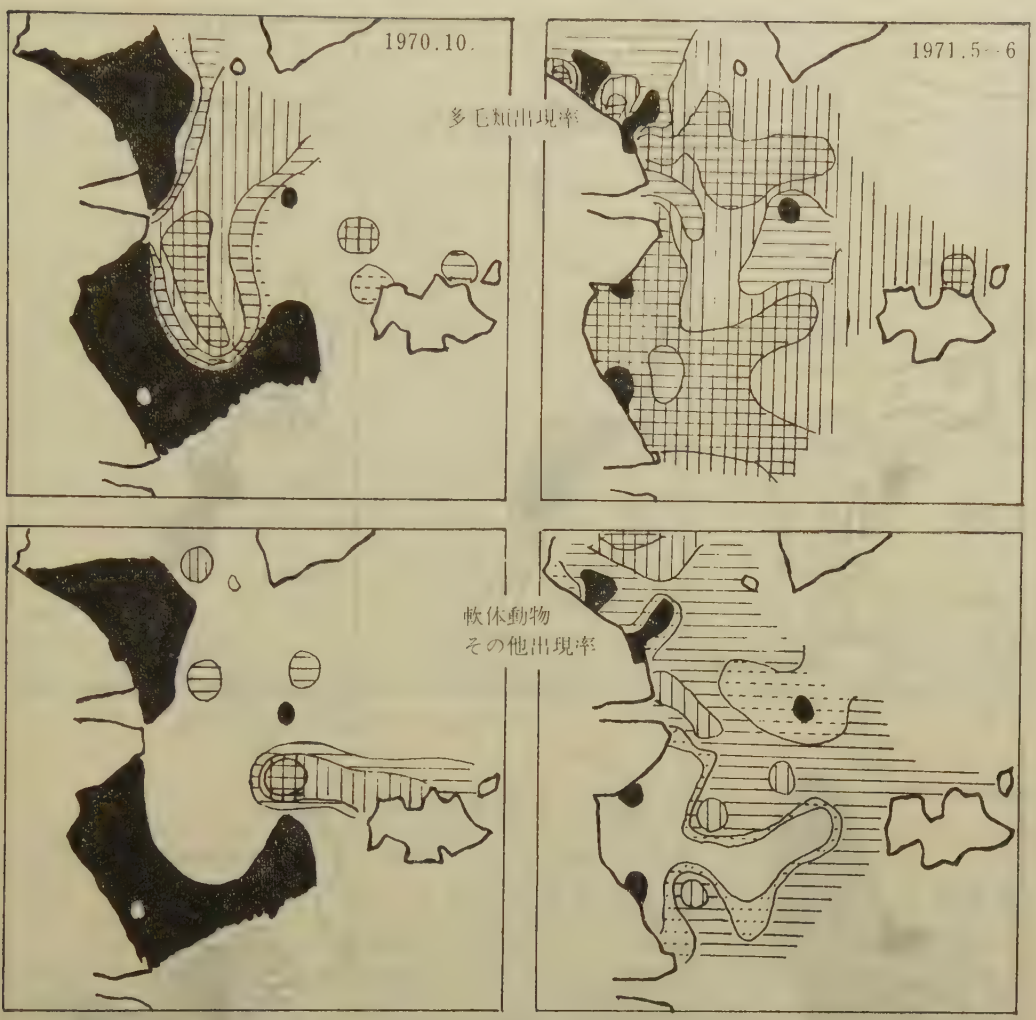


図17　小型底生生物の類別出現率

■ 無生物，▦ 出現率80%<，▥ 50～80%，▤ 10～50%，▤ <10%

3）沖が無生物域であった。多毛類の出現率の高い（80～100%）水域は無生物区と，小瀬川河口の一部を除くと調査区域の沿岸域殆んど全般におよび，岩国沖では2㎞に達する。軟体動物は小瀬川河口域，今津川河口北側で50～80%の出現がみられる。5～6月の *C. capitata japonica* の出現率の分布を図18*に示す。大竹側で沿岸より0.5～1.0㎞，岩国側で1.0～2.0㎞沖合まで *C. capitata japonica* の出現がみられて，底質汚染の強い範囲が広いことを示している。栄養の高い底質に生息する *Lumbrineris brevicirra* の分布は，*C. capitata japonica* の沖合側に1～2㎞巾で南北に長く分布する。この分布の沖側は宮島南西端から阿多田島と岩国港の中間を結ぶ線に達している。

ii）大型底生物：ドレッヂによる採集生物を表7に示す。採集点別種類数は沿岸に近づくほど少なく沖合ほど多い。採集個体数は沿岸と沖合で減少し，沿岸から2㎞の中間域で多かった。魚類の採捕数は水域差がみられず，採捕数も少ない。甲殻類（エビ類，ヒメガザミ）は大竹水域

* 図18には1950年代からの *C. capitata japonica* の出現状況も併せて図示した。

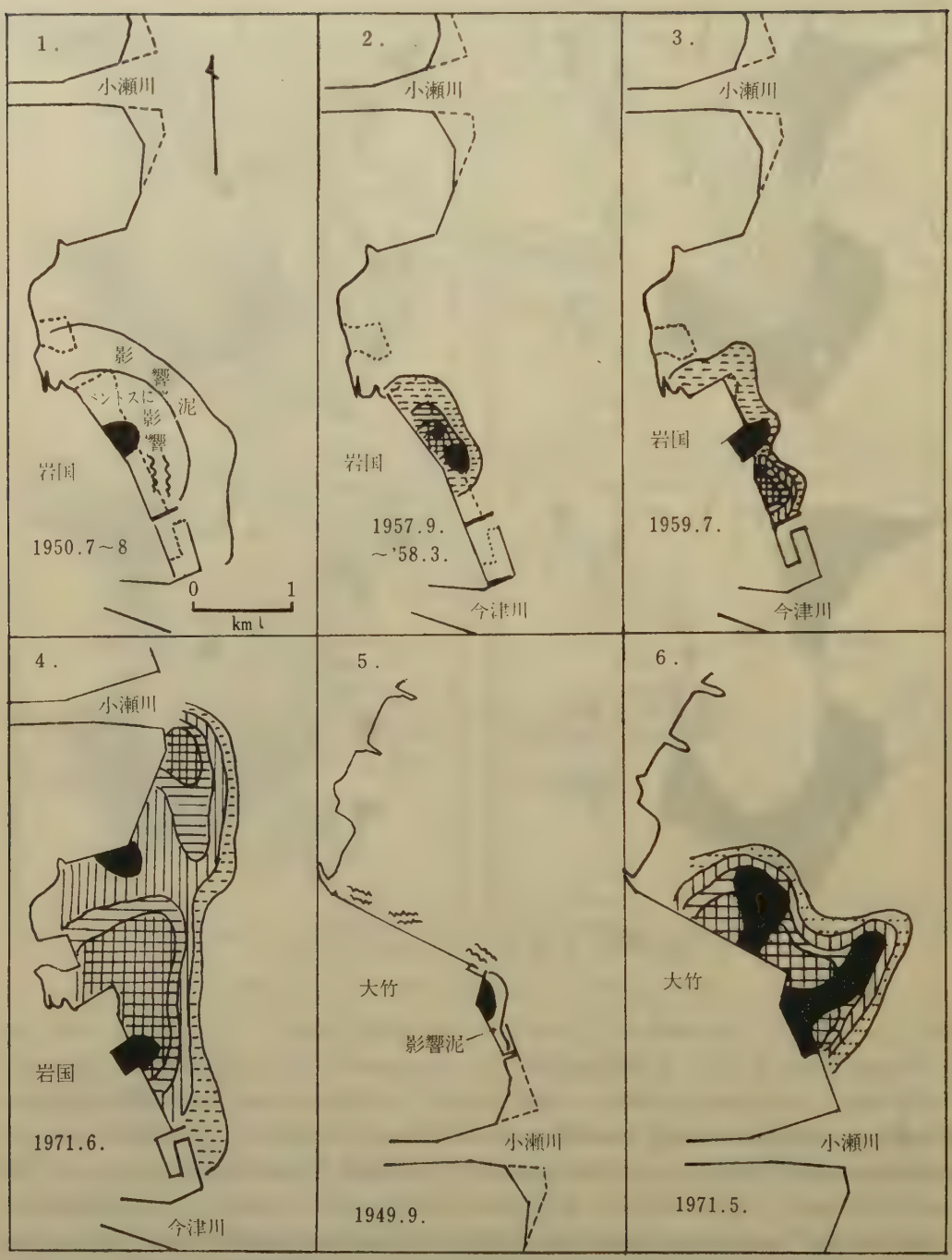


図18　汚濁指標種（*C. capilata japonica*）の出現率からみた汚濁域の推移

1. 1950. Ⅶ～Ⅷ（新田・他1953），2. 1957. Ⅸ～'58. Ⅲ（北森・他，1960），
3. 1959. Ⅶ.（北森・他，1960），4. 1971. Ⅵ.，
5. 1949. Ⅸ.（新田・他，1953），6. 1971. Ⅴ.

無生物，出現率80%，50～80%，10～50%，10%，藻場

表7　大型底生生物類別出現率

St.	種類数	個体数	出現率 (%) 魚類	甲殻類	棘皮類	海鞘類	二枚貝類	腹足類	腔腸類	環形動物	備考
A	16	343	0.3 (1—1)	2.9 (3—10)	0.9 (2—3)	89.5 (2—307)	2.9 (2—10)	1.2 (2—4)	(0)	2.3 (4—8)	大竹紙業排水口より 2.2km
B	11	196	1.5 (1—3)	0.5 (1—1)	1.5 (3—3)	86.2 (1—169)	1.0 (2—2)	(0)	(0)	9.2 (3—18)	同排水口より 1.0km
C	15	249	1.2 (3—3)	0.4 (1—1)	24.5 (4—61)	69.1 (2—172)	3.2 (2—8)	0.8 (1—2)	0.4 (1—1)	0.4 (1—1)	同排水口より 2.0km
D	18	82	2.4 (2—2)	13.4 (4—11)	53.7 (3—44)	6.1 (2—5)	6.1 (3—5)	8.5 (2—7)	6.1 (1—5)	3.7 (1—3)	岩国山陽パルプ排水口より 4.0km
E	17	34	(0)	26.5 (6—9)	44.1 (4—15)	(0)	8.8 (2—3)	8.8 (2—3)	8.8 (2—3)	2.9 (1—1)	同排水口より 5.0km
F	16	210	(0)	1.9 (3—4)	65.2 (4—137)	28.6 (3—60)	1.4 (2—3)	1.9 (3—4)	1.0 (1—2)	(0)	同排水口より 2.0km
G	12	81	1.2 (1—1)	(0)	65.4 (5—53)	25.9 (2—21)	(0)	3.7 (2—3)	(0)	3.7 (2—3)	同排水口より 1.0km
H	19	195	1.0 (2—2)	1.0 (1—2)	43.8 (3—84)	33.8 (2—66)	2.6 (3—5)	9.7 (4—19)	6.2 (1—12)	2.6 (3—5)	大竹紙業排水口より 5.0km 山陽パルプ排水口より 7.5km

注　1.　(種類数—個体数)
　　2.　出現率は各 St. 毎の類別出現率で示した。

表8　小型底曳網漁獲物の類別出現率

St. ＼ 項目	採集年月	種類数	個体数	出現率 (%) 魚類	棘皮類	甲殻類	軟体類	環形動物	腔腸類
I	45. 9	18	346	1.7 (2—6)	52.9(6—183)	6.1 (2—21)	13.9 (6—48)	0.3 (1—1)	25.1 (1—87)
	46.10	29	635	2.5 (8—16)	81.6(4—518)	11.3 (7—72)	3.8 (8—24)	0.3 (1—2)	0.5 (1—3)
II	45. 9	21	283	2.8 (3—8)	77.0(6—218)	12.4 (5—35)	6.0 (5—17)	0.4 (1—1)	1.4 (1—4)
	46.10	31	450	10.7 (9—48)	60.9(4—274)	21.1(10—95)	6.4 (7—29)	0 (0)	0.9 (1—4)
III	45. 9	17	263	3.4 (4—9)	66.2(4—174)	11.4 (5—30)	14.8 (3—39)	0 (0)	4.2 (1—11)
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
IV	45. 9	15	73	0 (0)	58.9 (5—43)	20.5 (3—15)	13.7 (4—10)	2.7 (2—2)	4.1 (1—3)
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V	45. 9	2	8	0 (0)	87.5 (1—7)	12.5 (1—1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	46.10	23	179	6.1 (7—11)	77.7(5—139)	12.3 (6—22)	3.9 (5—7)	0 (0)	0 (0)
VI	45. 9	9	36	0 (0)	52.8 (3—19)	19.4 (1—7)	11.1 (2—4)	11.1 (2—4)	5.6 (1—2)
	46.10	26	471	5.3 (8—25)	44.6(7—210)	5.5 (4—26)	44.6(7—210)	0 (0)	0 (0)
VII	45. 9	14	250	1.2 (1—3)	77.6(4—194)	6.8 (5—17)	6.4 (3—16)	0 (0)	8.0 (1—20)
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VIII	46.10	28	348	4.0 (9—14)	56.0(8—195)	3.4 (2—12)	36.5(9—127)	0 (0)	0 (0)

注　1.　(種類数—個体数)
　　2.　出現率 (%) は各 St. 毎の類別出現率で示した。

では各調査点とも採捕数が少なく，岩国水域でも沿岸では少ないが沖合の阿多田島西側で多い。棘皮類（モミジガイ，スナヒトデ，ブンブクチャガマ）は，大竹水域では沿岸で少なく，沖合で多い。岩国水域では沿岸で多く，沖合で減少する傾向を示した。海鞘類（ユウレイボヤ），環形動物は汚濁域で増加し，沖合域で減少する。腔腸動物（イソギンチャク類），腹足類（巻貝類），二枚貝類は沿岸で少なく，沖合で増加する傾向を示している。

全般的にみると，工場の廃水口から離れるに従って種類数の増加がみられるが，廃水口から1～2㎞の範囲はホヤ類，ヒトデ類，およびブンブクチャガマの占める率が高く，沖合3㎞以上では甲殻類と貝類が増加する傾向がみられた。玖波湾中央部，小瀬川河口の沖合から宮島―阿多田島間では，僅かながら前年度に発生したトリガイ，アカガイの稚貝（殻長2～3㎝）が採捕された。

iii）小型底曳網漁獲物：調査結果を表8に示す。昭年45年9月の調査では，玖波湾では，沖合の宮島―阿多田島間水域よりも種類数，採捕個体数のいずれも少ない。しかし，46年10月ではそのよう差はみられなかった。類別採捕個体数は各調査点とも棘皮動物（主にヒトデ類）が最も多く，ついで軟体動物（二枚貝，巻貝類）である。貝類にはへい死個体が多かった。

（トリガイの異常へい死）昭和45年9月，46年10月に玖波湾でトリガイの異常へい死が地元漁協から報告されたので調査した。ドレッヂ，小型底曳網で得られたトリガイの生存率は、45年9月9.7%，46年2月8.2%，さらに46年10月10.9%と著しく低い。へい死貝の大部分は1～1.5年貝とみられた。玖波湾中央部ではトリガイの発生が認められ，46年2月には前年発生した殻長2.7～3.1㎝の小型トリガイを少数採集した。

表9　パルプ廃水の魚類に及ぼす影響

魚種	試験区	廃水稀釈率（%）	供試尾数	生存率（%）（24時間）	試験開始時 水温	pH	SG 15	試験終了時 水温	pH	SG 15	備考
					°C			°C			
ハマチ	1	1/200 (0.5)	10	100	—	—	—	—	—	—	山陽パルプ排水口沖50mで採水(45年9月7日) 試験年・月・日；45.9.9～10 廃水の性状；pH 6.15, Cl 10.57‰, COD 37.1ppm, 透視度 4.7㎝ 試験池；円型5 t 水槽 供試魚重量；200 g / 1尾 解剖所見；異状認められず
	2	1/1,000 (0.1)	10	100	—	—	—	—	—	—	
	3	対照	10	100	—	—	—	—	—	—	
アミメハギ	対照	0	6	100	26.2	7.6	23.1	26.4	7.7	22.7	試験年・月・日；45.9.11～12 供試魚重量；平均体重3.5 g / 1尾 試験水量；3 ℓ 試験方法；止水，エアーレイション 原廃水区では2時間30分で全数斃死
	原廃水	100	10	0	26.0	6.2	13.9	27.8	7.3	14.0	
	3/4	75	6	66.7	26.0	7.2	15.4	26.7	7.2	16.2	
	1/2	50	6	66.7	26.0	7.5	15.9	26.8	7.7	16.5	
	1/4	25	6	100	26.1	7.6	19.7	26.1	7.7	19.8	
	1/8	12.5	6	83.3	26.0	7.6	20.9	26.6	7.6	21.2	
	低比重海水	0	10	100	26.0	7.2	13.9	26.3	7.7	14.0	

3）生物試験

i）室内実験

a．試験1：結果を表9に示す。ハマチは大型水槽内で低濃度の試験をしたため，山陽パルプ廃水口地先50mの採水の1/200希釈24時間では死亡しなかった。アミメハギは50%希釈以上のすての試験区ともへい死し，比重が同じ対照区と比較して異常が認められた。廃水濃度* 25%以下ではこの試験では異常は認められなかった。

b．試験2

(a)　ハマチ幼魚：結果を表10に示す。試水中最も強い影響を示したのは山陽パルプ廃水で，廃水濃度10%，COD6.9～7.2 ppm ですべての個体がへい死している。半数致死濃度は3.2

表10　工場廃水のハマチに及ぼす影響

場所	廃水濃度(%)	収容尾数	斃死数	生存率(%)	pH 始	pH 終	Cl(‰) 始	Cl(‰) 終	COD(ppm) 始	COD(ppm) 終	DO(cc/ℓ) 始	DO(cc/ℓ) 終
大竹紙業	100	—	—	—	6.87	—	—	—	24.0	—	—	—
	56	4	4*	0	7.54	7.80	15.71	15.61	5.88	5.48	3.45	4.30
	32	4	2**	50	7.87	7.34	16.75	16.67	4.16	3.67	4.09	2.34
	10	4	0	100	8.04	7.65	17.78	17.74	1.99	2.01	4.71	3.25
	3.2	4	0	100	8.09	7.92	18.29	18.14	1.66	1.67	4.85	4.37
	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
山陽パルプ	100	—	—	—	6.04	—	—	—	171.0	—	—	—
	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	32	4	4***	0	7.06	7.75	17.48	15.81	38.40	18.30	3.08	1.82
	10	4	4***	0	7.83	7.53	18.24	17.42	6.89	7.16	4.30	2.53
	3.2	4	0	100	8.02	7.51	17.99	17.86	4.72	4.83	4.70	4.21
	1.0	4	0	100	8.11	7.90	18.14	18.09	2.62	2.41	4.79	4.38
三菱レイヨン	100	—	—	—	6.08	—	—	—	43.0	—	—	—
	56	4	4	0	7.10	7.18	12.93	12.84	7.50	7.09	2.76	1.63
	32	4	0	100	7.52	7.16	15.19	15.29	5.54	5.13	3.35	1.94
	10	4	0	100	7.89	7.34	17.19	17.21	2.91	2.42	3.98	3.43
	3.2	4	0	100	8.02	7.71	17.94	17.86	1.59	1.68	4.81	4.13
	1.0	4	0	100	8.02	7.77	18.14	18.14	1.23	1.23	4.53	4.10
大セル工業	100	—	—	—	7.10	—	—	—	96.5	—	—	—
	56	4	0	100	7.50	7.57	17.37	17.44	7.74	7.68	3.29	2.62
	32	4	0	100	7.75	7.32	17.67	17.50	7.25	7.39	3.48	3.29
	10	4	0	100	8.00	7.67	18.03	17.84	3.68	3.31	4.29	3.29
	3.2	4	0	100	8.04	7.86	18.11	18.09	1.96	2.11	4.66	4.44
	1.0	4	0	100	8.04	7.78	18.16	18.24	1.55	1.71	4.53	4.25
対照	0	4	0	100	8.12	8.46	18.26	18.28	1.15	1.13	4.77	4.50

。水温22.0～23.8°C　　* 16時間以内で斃死　　*** 16時間以内で斃死
。止水，エアーレイション併用　　** 22～23時間で斃死

* この試験の廃水とは，廃水口沖海面で採水したもので，海水により希釈されているので原廃水とCODで比較すると1/4～1/10範囲の濃度に薄められている。廃水濃度も特記がない場合はこの廃水口沖で採水した水を基準（100%）としている。

表11　工場排水のマダイの卵発生に及ぼす影響

場所	項目 廃水濃度(%)	収容卵数	正常ふ化率(%)	水温(°C)	pH 始	pH 終	Cl (‰) 始	Cl (‰) 終	COD (ppm) 始	COD (ppm) 終	DO (cc/ℓ) 始	DO (cc/ℓ) 終
大竹紙業	10.0	200	65.9	24.0〜24.6	8.04	8.05	17.84	17.76	2.20	2.44	4.42	3.97
	3.2	〃	71.1		8.07	8.11	17.98	18.09	1.61	1.48	4.67	4.01
	1.0	〃	77.4		8.08	8.13	18.18	18.20	1.44	1.42	4.65	4.18
	0.32	〃	75.0		8.09	8.13	18.24	18.22	1.42	1.36	4.68	4.16
	0.10	〃	82.4		8.09	8.11	18.24	18.31	1.29	1.33	4.67	4.16
山陽パルプ	10.0	〃	0	〃	7.87	7.69	15.71	17.50	12.50	8.15	3.97	1.03
	3.2	〃	77.6		8.04	8.02	17.42	18.01	4.24	4.48	4.54	3.22
	1.0	〃	83.5		8.07	8.10	17.88	18.13	2.60	2.33	4.59	3.51
	0.32	〃	86.2		8.08	8.13	18.07	18.22	1.67	1.48	4.46	4.08
	0.10	〃	91.6		8.09	8.13	18.14	18.24	1.03	1.62	4.62	4.19
三菱レーヨン	100	〃	33.9	〃	7.96	7.85	17.19	17.26	3.42	2.84	4.22	3.44
	3.2	〃	77.3		8.05	8.04	17.96	17.96	1.97	1.90	4.81	3.79
	1.0	〃	88.2		8.09	8.10	18.14	18.14	1.38	1.52	4.67	4.01
	0.32	〃	88.4		8.09	8.12	18.14	18.14	1.17	1.58	4.71	4.16
	0.10	〃	91.2		8.10	8.13	18.18	18.31	0.67	1.53	4.68	4.14
大セル工業	10.0	〃	64.7	〃	8.01	7.81	18.03	18.11	4.44	3.12	4.39	1.72
	3.2	〃	71.6		8.08	8.03	18.16	18.24	2.18	2.34	4.90	3.35
	1.0	〃	72.5		8.09	8.11	18.22	18.28	1.68	1.76	4.56	3.98
	0.32	〃	86.1		8.09	8.13	18.24	18.29	1.44	1.29	4.74	4.27
	0.10	〃	89.6		8.10	8.13	18.20	18.29	1.32	1.19	4.78	4.29
対照	0	〃	88.5	〃	8.10	8.13	18.02	18.18	1.48	1.46	4.13	4.02

供試卵：S46.6.28夕方産卵（15.00—）
収容卵：産卵後約22時間経過　眼胞出現期の卵
収容時間：S46.6.29　13.00
ふ化率の判定：正常に遊泳している個体を数えた。
　　生存していても奇型魚は除いた。

〜10%，COD値で4.8〜7.0と推定された。大竹紙業，濃度56%，COD5.5〜5.9 ppm，また三菱レーヨン，濃度56%，COD7.1〜7.5 ppm で全数死亡し，推定半数致死濃度は大竹紙業，濃度32%，COD 3.7〜4.2 ppm，さらに三菱レーヨン，濃度 32〜56%，COD5.3〜7.3 ppm がそれぞれみられた。ダイセル工業の廃水は濃度56%，COD7.7 ppm では死亡しなかった。ダイセル工業の廃水は希釈によってCODが急激に低下するのが特長である。

(b)　マダイ稚魚：結果を表11に示す。山陽パルプ，および大竹紙業の廃水のCOD4.1〜13.6 ppm で90〜100%，三菱レーヨン廃水のCOD5.1〜5.5 ppm で100%，ダイセル工業廃水のCOD 7.4 ppm で71%のへい死がそれぞれあった。半数致死濃度は山陽パルプで3.2〜10%，大竹紙業，ダイセル工業，三菱レーヨンはともに10〜32%の範囲にある。

(c)　マダイの卵発生：結果を表12に示す。対照区のふ化率（奇型魚を除き，正常に遊泳している個体の率を求めた）は88.5%であった。80%以上のふ化率を示すのは，山陽パルプと三菱レーヨンでは１%以下の濃度，大竹紙業では0.1%，ダイセル工業で0.32%以下の濃度であった。廃水濃度3.2%で各廃水ともふ化率が70〜80%とやや低下し，さらに濃度10%では，山陽パルプ０%，三菱レーヨン33.9%，ダイセル工業64.7%，大竹紙業65%のふ化率となり，山陽パル

表12　工場廃水のマダイのふ化稚魚に及ぼす影響

場所	項目 廃水濃度(%)	収容尾数	生存率 (%)	水温 (°C)	pH 始	pH 終	Cl (‰) 始	Cl (‰) 終	COD(ppm) 始	COD(ppm) 終	DO(cc/ℓ) 始	DO(cc/ℓ) 終
大竹紙業	32.0	50	10	23.0 ～ 24.4		7.98		16.69		4.08		4.31
	10.0	〃	100			—		—		—		—
	3.2	〃	100			8.12		18.01		1.81		4.62
	1.0	〃	100			—		—		—		—
	0.32	〃	100			—		—		—		—
山陽パルプ	10.0	〃	0			7.74		17.38		13.60		1.83
	3.2	〃	100			—		—		—		—
	1.0	〃	100	〃		8.12		18.05		2.20		4.15
	0.32	〃	100			—		—		—		—
	0.10	〃	100			8.13		18.14		0.97		4.42
三菱レーヨン	32.0	〃	0			—		—		—		—
	10.0	〃	100			7.91		17.23		2.54		3.75
	3.2	〃	100	〃		—		—		—		—
	1.0	〃	100			8.09		18.13		1.27		4.49
	0.32	〃	100			8.10		18.24		1.50		4.37
大セル工業	32.0	〃	29.3			7.63		17.61		7.35		1.78
	10.0	〃	81.6			7.90		18.14		3.05		2.39
	3.2	〃	100	〃		8.03		18.16		1.79		3.85
	1.0	〃	100			—		—		—		—
	0.32	〃	100			—		—		—		—
対照	0		100	〃		8.09		18.22		1.16		4.50

供試稚仔：S46.6.29～30にふ化した稚仔（全長4～6㎜）
収容月日：S46.7.1. 12.00

プ，三菱レーヨンでは3.2%以上からふ化率への影響が大きい。廃水濃度をCOD値でみると，パルプ廃水では 1.5～4.4 ppm，三菱レーヨン廃水では 1.9 ppm，ダイセル工業では 2.3ppm 以上で影響がみられている。

(e)　カキの卵発生：結果を表13に示す。山陽パルプおよびダイセル工業廃水では濃度1%で強い影響が認められ，50%正常変態濃度は山陽パルプ廃水で1.5%，他の廃水では20%以上にあるものと推定される。

ii）現場試験：結果を14表に示す。山陽パルプ廃水口から100mの場所では，19時間内にすべての魚がへい死していた。500m沖の場所ではハマチ3尾中2尾，マダイ全数のへい死があり，クロダイはすべて生存していた。大竹市東栄港内ではすべての魚がへい死していた。しかし，500m沖ではへい死はなかった。へい死のみられた場所の0～2m層の平均COD値は，山陽パルプ沖で 5.0～31.4 ppm，大竹側で 10.3 ppm を示した。へい死したハマチは鰓にパルプ繊維が多量に付着し，鰓を開き窒息死の状態を示していた。クロダイとマダイはハマチにくらべパルプ繊維の付着はやや少ない。

3．生物調査，生物試験についての考察

1）浮遊生物

この調査では，廃水口に最も近い定点でも廃水口から1㎞の距離があり，広島湾奥部に比較し

表13　工場廃水のマガキの卵発生に及ぼす影響

場所	項目 / 廃水濃度(‰)	収容卵数(粒)	D型幼生変態率(%)	試験終了時の水質 pH	DO(cc/ℓ)	W.T(°C)
大竹紙業	32.0	6000	25.0	7.98	4.13	22.2 ～ 24.0
	10.0	〃	43.3	8.07	4.17	
	3.2	〃	41.7	8.08	3.94	
	1.0	〃	58.3	8.11	4.27	
	0.32	〃	58.3	8.11	4.31	
山陽パルプ	10.0	〃	0	7.82	1.59	
	3.2	〃	8.3	8.02	3.51	
	1.0	〃	41.7	8.05	4.13	〃
	0.32	〃	50.0	8.11	4.21	
	0.1	〃	61.7	8.11	4.27	
三菱レーヨン	10.0	〃	46.7	7.95	3.46	
	3.2	〃	50.0	8.05	4.04	
	1.0	〃	53.3	8.06	4.48	〃
	0.32	〃	53.3	8.11	4.29	
	0.1	〃	58.3	8.11	4.23	
大セル工業	32.0	〃	31.7	7.65	1.80	
	10.0	〃	36.7	7.82	2.18	
	3.2	〃	41.7	8.03	3.77	〃
	1.0	〃	41.7	8.06	4.13	
	0.32	〃	50.0	8.10	4.27	
対照	0	〃	60.0	8.11	4.34	〃

供試卵：S46.7.2　10.00　人工受精
S46.7.2　14.00　分割中の卵の収容24時間

て海水の交換も良好で，沖合水の影響を受けやすいため，沿岸，沖合の水域別によるプランクトン組成と沈澱量に著しい差は認められなかった。また，水域別よりも季節変動が大きい。しかし昭和46年9月に山陽パルプに最も近い定点（St. 9）で，魚の卵稚仔数が中間域，沖合域に比して著しく減少していたが，この時の海水はCOD53 ppm, DO 1.5 cc/ℓ で，工場廃水の分布による強い影響があったものとみられる。杉本ら[2]は，工場廃水量の多い地先では淡水混合比が大きく，プランクトン量も著しく減少し，これは廃水と海水の物理的混合状態に依存するとしている。今回は，Cl 15.5‰で若干低下している程度で，杉本らの報告と若干状態が異るが，COD，DOの垂直分布からみると，表層に分布する廃水の影響を受けているものと推察される。

この水域に発生する赤潮プランクトンは，晩春から初夏にかけては *Skeletonema costatum* が優占するが，梅雨期（6～7月）には *Heterosigma inlandica* が優占する。この状況は広島湾奥部水域と同様であるが，広島湾奥部ほど停滞性は認められない。*Hemieutreptia antiqua* の出現は，昭和46年8月は，県西部では当水域と広湾で僅かにあった程度で，昭和44年，45年の8月のような広域の赤潮形成状況は無かった。この水域の赤潮水塊の分布は，工場廃水の強い沿岸域でなく，廃水の分布周辺水域で形成されている。

昭和44年，45年に本水域でハマチのへい死等の漁業被害を発生させた *Hemieutreptia antiqua* は岩崎[9]の分類した第Ⅱ型の栄養要求型に属し，鉄，マンガンなどの微量金属がキレート結合の

表14　生簀による生物試験結果

場所	排水口からの距離(m)	魚種	尾数	斃死数	生存率(%)	水質 水深(m)	水温(℃)	pH	Cl(‰)	COD(ppm)	DO(cc/ℓ)	平均全長(cm)	平均体重(g)
山陽パルプ	A 100	ハマチ	3	3	0	0	18.1	6.4	13.1	60.0	1.9	31.9	462
		マダイ	3	3	0	1	18.1	7.1	17.6	5.6	2.1	12.4	30.6
		クロダイ	2	2	0	(平均)	(18.1)	(6.8)	(15.1)	(32.8)	(2.0)	12.9	35.0
	B 500	ハマチ	3	2	33.3	0	18.3	7.8	17.5	8.1	3.9	34.1	538
		マダイ	3	3	0	2	18.2	7.9	17.7	1.9	4.3	12.2	30.0
		クロダイ	2	0	100	(平均)	(18.3)	(7.9)	(17.6)	(5.0)	(4.1)	13.0	35.0
大竹紙業	C 30	ハマチ	3	3	0	0	19.6	7.4	15.4	10.7	3.4	32.1	48.1
		マダイ	3	3	0	1	19.1	7.4	16.1	9.9	3.4	12.6	35.6
		クロダイ	2	2	0	(平均)	(19.4)	(7.4)	(15.7)	(10.3)	(3.4)	13.0	37.0
	D 500	ハマチ	3	0	100	0	18.0	7.7	17.4	1.3	4.7	34.5	520
		マダイ	3	0	100	2	17.9	7.8	17.7	1.0	5.1	11.9	29.5
		クロダイ	2	0	100	(平均)	(18.0)	(7.8)	(17.6)	(1.2)	(4.9)	13.6	44.0
沖合　5000m						0	18.4	8.03	17.7	0.9	5.6	—	—
						2	18.3	8.03	17.8	1.0	5.7	—	—
						5	18.2	8.03	17.7	0.7	5.4	—	—

状態で供給されると大増殖するといわれ，また，岡市[10]は，亜硫酸パルプ廃水で赤潮プランクトンを培養し，高濃度では増殖阻害があるが，250～1000倍希稀（COD 2～5 ppm）で *Eutreptiella* sp. の増殖を促すことを明らかにした。当水域でもパルプ廃水を主とした工場廃水の影響が著しく，赤潮発生と工場廃水の関連は推察されるが，今後，微量金属の補給調査や，工場廃水を使用した培養試験を行なう必要がある。更に工場廃水のみならず，甲島周辺で投棄されている 700 ton/day 以上のし尿についても問題がある*。

2）底生生物

多毛類等の小型底生生物からみた当水域の底質汚染は，夏期以降で著しく，昭和45年10月には大竹，岩国沿岸から1.3㎞の沖合にわたって無生物域が出現し，その沖合側でも生物相は貧困である。46年5～6月には生物相の回復が認められ，多毛類の出現が多くなっている。

北森[11)12)13)]によって汚染指標とされている *C. capitata japonica* の分布は小瀬川河口を除き，大竹側，岩国側の沿岸域に分布し，特に岩国側でその範囲が広い。この種の生息する底質のCODは 40～132 mg/g，IL 9.5～20.2%，TS 0.6～1.2 mg/g を示した。新田ら[8)]，北森[11)12)]の調査と，今回の調査を比較するため，*C. capitata japonica* の出現率からみた汚染域の推移を図18に示す。昭和26～27年頃では廃水口周辺でも藻場が認められ，汚染範囲も限られているが，年々汚染域は拡大している。

ドレッヂ採集による大型底生生物の生物相の大竹水域と岩国水域の相違点は，大竹水域で海鞘類が優占し，その沖合側で棘皮類が多くなる。岩国水域では全体として棘皮類の出現数が多い。この相違は汚染の差か水深の差によるものか明らかでない。

小型底曳網の漁獲物からみた生物相（岩国水域は未調査）は，棘皮類について玖波湾側より小瀬川－阿多田島間で出現数が多い。海鞘類が殆んど認められないこと，甲殻類の出現数が多くな

* 甲島周辺のし尿投棄は昭和47年9月以降中止された。

っていることは，ドレッヂの調査結果と異っている。この相違は採捕器具か調査時期によるものかは不明である。杉本ら[14]，の貝桁網，エビ漕網調査（昭和29年９月～30年８月）によると，三菱レーヨン廃水口沖300m の地点でエビ類が採集されているが，沖合域にくらべて出現種類数がきわめて少ないことから汚染の影響を認めている。800m の沖合では廃水の来ない沖合域とあまり差がないとしている。現在では少なくとも距岸１～1.8㎞ 沖まで底生生物に汚染影響が大きいものと考えられる。

この水域の底生生物を対象とする漁業についての被害は，かなり以前からトリガイのへい死と

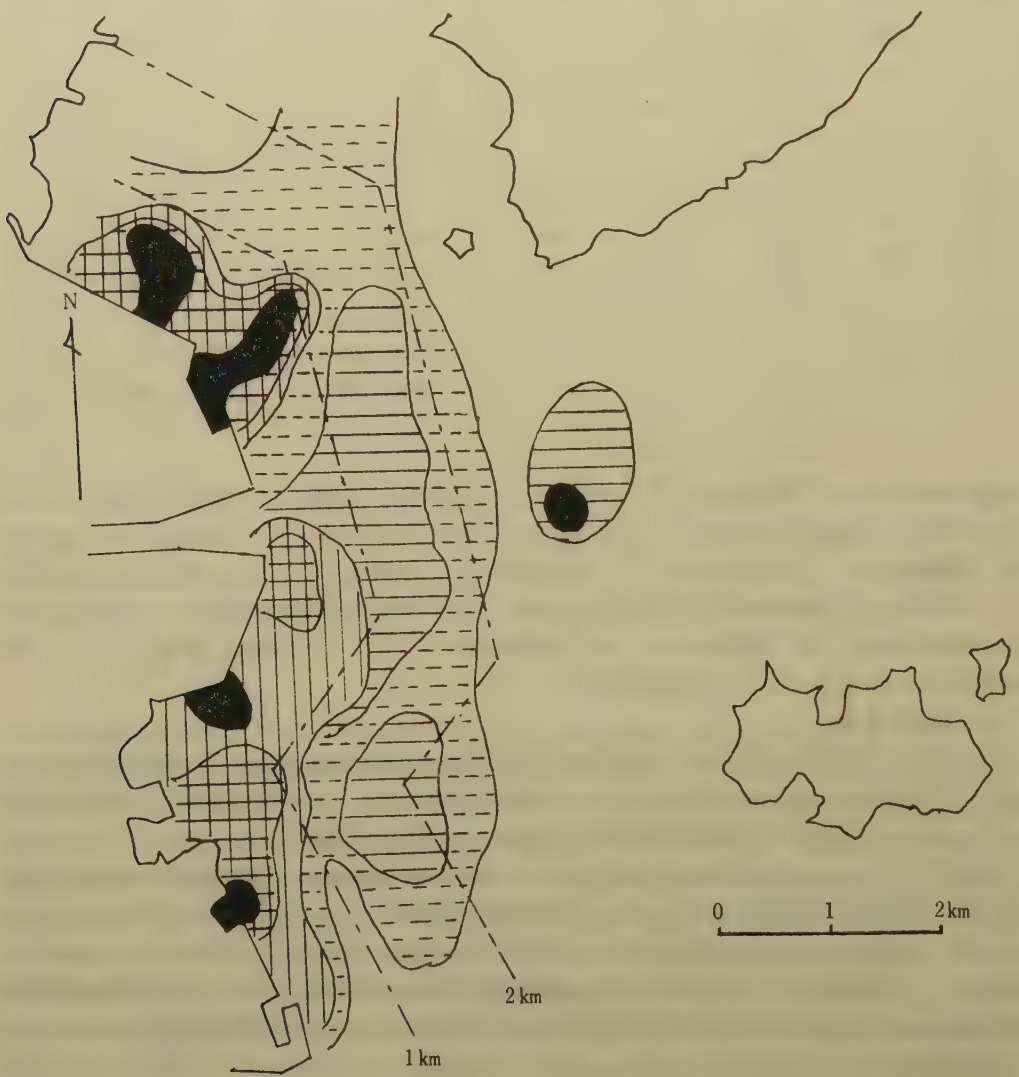


図19　底生生物から見た汚濁区分

- 無生物域—汚濁度が最も高い。周年生物が出現しない。
- 強汚濁域—汚濁指標生物しか出現しない。
- 汚濁域—出現生物の種・個体数が少ない。多毛類の出現率が高い。指標生物も出る。
- 過栄養域—出現種・個体数ともに最も多い。各生物群が生息するが，多毛類が多い。
- せん移域—正常域から過栄養域，または汚染域へのせん移的な区域。
- 正常域—底質にも生物相にも異常がみとめられない。出現種類数，個体数ともに過栄養域，せん移域より少ない。

不漁化がいわれている[1]。この調査期間中でも，昭和45年9月と46年10月にトリガイのへい死問題が発生し，その調査結果では90%以上のへい死率を推定している。この玖波湾では，発生量に変化はあるがトリガイ稚貝の発生は毎年みとめられる。しかし，小瀬川口から工場周辺のCOD 40 mg/g 以上，IL15%以上の底質では生残貝は採集されなかった。玖波湾の中央部でもCOD 30～35 mg/g，IL13～14%の汚染域がかなりの範囲で存在し，季節的にとくに夏期には工場廃水の汚染に加えて，赤潮の多発，成層の発達に併行して底層の溶存酸素量の低下等環境の悪変が認められる。9～10月にはそれが特に著しいうえ，この時期はトリガイの産卵期と一致しているので異常へい死は産卵による貝の衰弱と環境悪化の重複により発生したと考えられる。

多毛類を主とした底生生物からみた汚染区分図を図19に示す。これらの区分は汚染に強い多毛類によるもので，トリガイ，アカガイ等漁業上の有用生物にとっては更に汚染範囲を広く考えなくてはならない。

3）生物試験

パルプ廃水の室内試験では，ハマチ幼魚，マダイ稚魚に対し，ともにCOD値が3～5 ppmで影響が生じている結果は，現場の生簀試験のCOD値が5 ppmでへい死している結果とほぼ類似し，裏づけされている。この結果は，夏期にCOD 5 ppm程度の水塊がかなり広範囲に分布し阿多田島にも達している状況を併せて考えると，その停滞期間，水塊の深さにも関係があるが，かなり問題である。

マダイ卵のふ化率にパルプ廃水はCOD 1.5～4.4 ppm，三菱レーヨン廃水でCOD 1.9 ppm，またダイセル工業廃水で2.3 ppmで影響を生じ，カキの卵発生は，パルプ廃水でCOD 1.7～2.4 ppmで影響が生じているのは，ハマチ幼魚やマダイ稚魚よりも一段と影響を強く受けるので，低濃度の廃水でも漁業生物の再生産に大きな影響を与える可能性を示すものと推察される。

杉本ら[14]は，廃水の種類によって含まれている有害物質中には極めて浄化されやすい物質があり，時間の経過とともに生物に対する影響が異ってくることを指摘しているが，この生物試験のマダイの卵発生試験でも，試験開始時のCOD値，溶存酸素量に比して終了時のそれは減少する傾向を示し，特に濃度の高い試験区ほど傾向が顕著であった。室内実験でハマチをへい死させたパルプ廃水試験区は，エヤーレイションしたにもかかわらず，生存区や対照区に比較して溶存酸素量がかなり低下していて，廃水が急激に溶存酸素を消費することによりハマチのへい死を発生させることが推定される。大竹紙業の試験区では実験後に溶存酸素が増加したのがみられるが，これは早期にハマチがへい死し，その後のエヤーレイションの影響が生じたものと推定される。また，ダイセル工業の廃水は希釈によってCODが顕著に（希釈倍率の逆数以上）低下する。

この試験で用いた廃水とは，廃水口より海域に放出された地点（3～30m沖）で採取したもので，海水で廃水が希釈されているものを使用しているので，実際の廃水の試験では，この試験結果よりも低濃度（%）で影響が生じることを考えておかなくてはならない。また，試験によっては準備の都合で採水後6日以上経過したものを使用したものもあるが，この場合も実際の影響力よりも弱い結果が得られることが予想される。更に，ハマチの室内実験ではエヤーレイションを行なっているので，しない場合よりも影響力が弱く現われている点は注意しておく必要がある。

ま　と　め

1）大竹，岩国沖海域を対象に，昭和45年10月より46年9月まで，水質調査，底質調査，生物相調査，また生物試験を行ない，工場廃水の漁場環境，生物への影響を調査した。また，この調査結果に加えて，広島県公害研究所，広島県広島農林事務所の水質調査資料，更に過去の水産

庁内海区水産研究所，広島県，山口県などの調査資料によって検討を加えた。

2）大竹，岩国地区沿岸の主要工場は，パルプ，石油，レーヨン工業などを主体とし，広島県側8工場，山口県側6工場で，大竹市，山口県の資料によると，昭和45年度の総廃水量175万 ton/day（大竹市48万 ton/day，和木村71万 ton/day，岩国市56万 ton/day），ＣＯＤ負荷量 353 ton/day（大竹市 24 ton/day，和木村 81 ton/day，岩国市 248 ton/day）である。

3）工場廃水の分布状況は，海水の成層期（５～９月）と循環期（10～４月）で異なり，成層期の方が沖合まで廃水が分布し，また，沖合にパッチ状の廃水塊が出現する。各期間の表層の平均値でＣＯＤ 2 ppm 以上，ＤＯ 5cc/ℓ 以下，透明度４ｍ以下の廃水分布域は，成層期では岩国沖４㎞の阿多田島西岸近くまで，大竹水域では距岸２㎞までみられる。循環期では，岩国水域で２㎞，大竹水域で1.5㎞沖までとなる。しかし，これらは平均値であって，昭和46年６月８日には，阿多田島西方1.5㎞以内の場所でＣＯＤ 13 ppm（０ｍ層），８ppm（２ｍ層），７月22日には岩国より約10㎞東方で阿多田島東端より東南東約３㎞の白石燈台で４ppm（０ｍ層），７月29日には阿多田港で 11.1 ppm（０ｍ層）の廃水が分布していたことが確認されている。

4）昭和45年10月から46年９月までの調査範囲では，成層期，循環期別ＣＯＤ平均値に，当水域で類型指定された環境基準に適合していない調査点が多く，また，各調査点とも環境基準以上の値の出現頻度がかなり大きいように推定された。ＤＯ，pH も同様であった。

5）廃水の分布範囲が循環期に比較的狭く，成層期に広いのは，成層期，特に降雨後に垂直方向の拡散稀釈が行われにくいこと，廃水が成層のため水平方向に流動しやすいためとみられる。更に，春～夏の成層期には風力が弱く，風波による廃水の拡散，混合稀釈が少なく，廃水口辺の水塊のまま分離流出されることも多いものと考えられる。

6）この水域の底質汚染は，大竹，岩国の工場廃水口を中心に汚染域がが分布している。ＣＯＤ 30 mg/g，ＴＳ 0.5 mg/g，ＩＬ15％以上を汚染指標としてその範囲をみると，大竹，岩国沿岸から，宮島―阿多田島の中間あたりまでがこの範囲に含まれる。しかし，この範囲は漁場環境としては，強汚染区域というべきで，県内の他水域に比較して著しく汚染が進行している。

7）大竹側の底質汚染が岩国側に比較して範囲が広いようで，水質汚濁負荷量，水質汚染範囲が岩国側に大きい現象とは反する結果がみられる。これは潮流と風によって岩国側の廃水が大竹側に分布しやすいこと，海水が大竹側で停滞しやすいためと考えられる。

8）昭和26年頃から行われている内海区水産研究所，広島県，山口県等の過去の調査結果と比較すると，現在では底質，水質とも汚染範囲が拡大されている。底質についてみると，昭和27年８月の岩国水域ではＩＬ15％以上は山陽パルプ廃水口より１㎞以内，ＣＯＤ 30 mg/g 以上は山陽パルプ廃水口から岩国港南部にかけての距岸１㎞程度まであり，その周辺にＩＬ10％以下，ＣＯＤ 20 mg/g 以下の底質もみられた。45年10月にはＩＬ15％以上，ＣＯＤ 30 mg/g 以上の底質は沿岸より１㎞前後の巾で岩国港北部まで及んでいる。大竹水域でも26年９月～10月の調査では，廃水口直前しか汚染されていなかったが，45年10月にはＩＬ15％以上の範囲は距岸２㎞，ＣＯＤ 30 mg/g 以上の範囲は３～４㎞となり宮島に達している。全般的にはＩＬ14～15％，ＣＯＤ 30～40 mg/g 範囲の汚染域の拡大が目立つようである。水質のＣＯＤについて昭和37年12月と45年12月の調査結果を比較すると，岩国，大竹側とも，５ppm 以上の汚染水域は数倍，37年９月と46年６月を比較すると1.5倍程度に拡大している。しかし，40年と今回の山陽パルプ周辺のＣＯＤの変化をみると汚染の拡大は明瞭でなかった。これは調査時による変動が激しいことによるものである。水質については調査時によっては底質，生物相のように明らかに汚染の進行を指摘できない場合があり，水質監視調査の方法に検討すべき点が残されている。

9）昭和27年以後の広島湾の透明度の変化をみると，この水域の東方の白石燈台，甲島周辺では透明度の低下がみられる。昭和27～30年平均で約10mであったが，42～45年平均で7～8mになっている。廃水の拡散状況からすると岩国，大竹地区の工場廃水の影響があるものと考えられる。しかし甲島周辺では700 ton/dayのし尿投棄の影響も考慮の必要がある（昭和47年9月より中止）。

10）プランクトン（赤潮生物を含む）は，一般に廃水着色水域には少なく，その周辺部で多い傾向がみられた。廃水着色水域に少ないのは廃水の拡散による物理的なプランクトン水塊の排除希釈によるものと考えられる。この周辺に発生する赤潮については，工場廃水のみならず甲島周辺のし尿投棄の影響も考慮の必要がある。

11）底生生物について，かなり強度の汚染域の指標である *Capitella capitata japonica* の出現割合からみると，昭和46年5～6月では，大竹，岩国水域とも，沿岸1㎞以内で多くみられ，この範囲は特に汚染が著しい水域とみることができる。

12）昭和44年，45年の秋にトリガイのへい死がみられたが，この原因は経年的底質の悪化と，底質ならびに底層水の秋期における悪変が，産卵によるトリガイの衰弱期と合致したためとみられた。

13）昭和26～27年には岩国，大竹の沿岸域には藻場があったが，45～46年には消滅している。

14）室内水槽による生物試験で，ハマチ幼魚は，山陽パルプ，大竹紙業のCOD 5.5～7.2 ppm，三菱レーヨンのCOD 7.1～7.5 ppmの廃水の24時間試験によって100%死亡した。また，マダイの稚魚ではCOD 4.1～13.6 ppm以上のパルプ廃水で100%死亡した。ハマチ幼魚，マダイ稚魚ともCOD 3～5 ppmで影響が生じている。現場におけるハマチ，マダイ，クロダイの生物試験も平均COD 5 ppm以上では死亡がみられている。これらの結果を総合すると，パルプ廃水のCOD 5～7 ppm，24時間でハマチが死亡することが考えられ，養殖魚，蓄養魚のように逃避行動のできないものには影響が現われやすく，この濃度の廃水がかなり広範囲に分布している状況は問題である。

15）マダイ卵のふ化率に異常がみられるのは，パルプ廃水でCOD 1.5～4.4 ppm以上，三菱レーヨン廃水で1.9 ppm以上，またダイセル工業廃水で2.3 ppm以上であった。この濃度から推察すると，潜在的な問題であるが，この水域の魚類の再生産に工場廃水がかなり影響を与える可能性があることが推察される。

16）カキの卵発生に影響のある廃水濃度は，パルプ廃水で1.0～3.2%（COD 2.4～1.7 ppm）以上，三菱レーヨン廃水で10%以上，またダイセル工業廃水で1%以上であった。しかし，この廃水濃度（%）は採水方法などから影響力を低めに推定していることになる。

17）水質，底質，生物相調査を総合し，平均的に単純化した汚染範囲を考えると，今津川より東方2㎞沖合と小瀬川東方1.5㎞を結んだ線より西の岩国，大竹沿岸部が汚染区域，その線と，宮島西端から阿多田島西端を結んだ線の間が沖合水域への移行区域（準汚染区域）とみることができる。しかし，ここでいう汚染区域は，県内の他の水域の水質，底質からみると，むしろ強汚染区域とみるべきであろう。トリガイ，アカガイ等の底棲生物では，この準汚染域やその沖合域でも，季節的に水質および底質の悪変や，生物自身の悪条件の重複によってへい死が発生することも充分考えられる。夏期の成層期には廃水水塊が沖合の阿多田島，白石燈台にまで達する機会が増大する。漁業被害はこのような特異的分布にともない発生しやすいことと，ハマチ，マダイの生物試験結果を併せて考えると，阿多田島，玖波湾沿岸での漁業の安全性が不安定化しつつあるといえるとともに，とくに成層期に監視を強める必要がある。更に，生物相調査，卵稚仔の生物試験の結果からみて，漁業，養殖の直接対象となっている大型漁業生物の急

性毒的死亡（一時的大量へい死）以外に，漁業生物資源の再生産についても悪影響があることが考えられる。汚染水域は年々拡大しつつあり，且つ，現在すでに白石燈台にまで汚染の影響が認められていることから，今後，蓄積的，慢性的漁場価値の低下がかなり広範囲化するものとみられる。

文　　献

1）瀬戸内海水産開発協議会：瀬戸内海水質汚濁の事例とその対策，68～92，(1964)．

2）杉本仁弥・他：瀬戸内海におけるパルプ製紙工場廃水による漁業への影響に関する調査結果，内海区水産研究所刊行物C輯，No.1，(1964)．

3）大竹市公害課：大竹市の公害の現状と対策，（6）：64～65，(1972)．

4）山口県：山口県の公害，172～173，(1972)．

5）松江吉行編：公共用水域保全のための水質汚濁調査指針，恒星社厚生閣，(1965)．

6）経済企画庁水資源局(広島県・山口県)：大竹・岩国地先海域水質試験成績表（昭和37年度調査分)，(1966)．

7）経済企画庁水資源局（広島県・山口県)：大竹・岩国地先海域水質試験成績表（昭和40年度調査分)，(1966)．

8）新田忠雄・他：工場廃水に関する研究第1報，内海区水産研究所報告，第3号，(1953)．

9）岩崎英雄：赤潮鞭毛藻に関する研究—Ⅵ．1970年備後灘に出現した *Eutreptiella* sp. と *Exuviaella* sp. について，日本海洋学会誌，27（4）：152～157，(1971)．

10）岡市友利・他：海産植物プランクトンの増殖におよぼす亜硫酸パルプ廃液の影響，日本プランクトン学会報，16（2）：126～132，(1969)．

11）北森良之介：汚濁と *Capitella* 属（多毛類）の関係，内海区水産研究所報告，(13)：1～10，(1960)．

12）北森良之介・他：岩国沿岸の底棲動物相と汚濁，水産増殖，7（3)，(1960)．

13）北森良之介：瀬戸内海とその近接水域の沿岸における底棲動物群集の漁場学的研究，内海区水産研究所報告，(21)：1～90，(1963)．

14）杉本仁弥・他：玖波湾の工場廃水について，第5報，漁場調査より見た底魚への影響について，内海区水産研究所報告，(10)：104～112，(1957)．

短　報　Short Articles

ノリ網の干出時間について

猪　子　嘉　生

On Duration of Exposure of Laver Culture Net to Air

Yoshio INOKO

（挿図 Text-fig. 1）

ノリ網の乾燥の過不足から芽いたみ症や芽落ちを起こす例が，最近でも少なくない[1)2)3)]。乾燥の過不足には，もちろん気象条件が関連するが，通常は干出時間の長短によるところが最も大きい。これまでノリ網の日ごとの干出時間を調べた例はあっても[2)4)]，いずれも特定の1水位についてであり，各水位で日々複雑に変化する，ノリ網張り込み水位（層）の干出時間の変動特性を把握するまでにいたっていない。潮位表を基にして，予想される各張り込み層の干出時間を計算し，2，3の知見をえたので紹介する。

潮位表[5)]によると，任意時刻の潮位hは

$$h = \frac{h_1+h_2}{2} + \frac{h_1-h_2}{2}\cos\left(\pi \frac{t}{T}\right)$$

h_1, h_2：直前，直後の満干潮位

t_1, t_2：直前，直後の満干潮時

t_0　　：任意時刻

$t=t_0-t_1$, $T=t_2-t_1$

逆に，任意潮位の時刻 t_0 は

$$t = \frac{T}{\pi}\cos^{-1}\left\{\frac{2h-(h_1+h_2)}{h_1-h_2}\right\}$$

$t_0=t_1+t$

だから，落潮時と漲潮時についてそれぞれ t_0 を求めれば，その差を干出時間とすることができる。

計算はつぎについて行なった。

期間：47年9月25日から47年11月22日まで

場所：福山，尾道，呉

潮位：100，120，140，160，180㎝ の5層

6時から18時までを日中とし，干潮が日中のものだけについて行なった。ただし，日中の干潮がない日は，6時か18時に近い方の干潮をとった。このため干潮が早朝からしだいにずれて夕暮

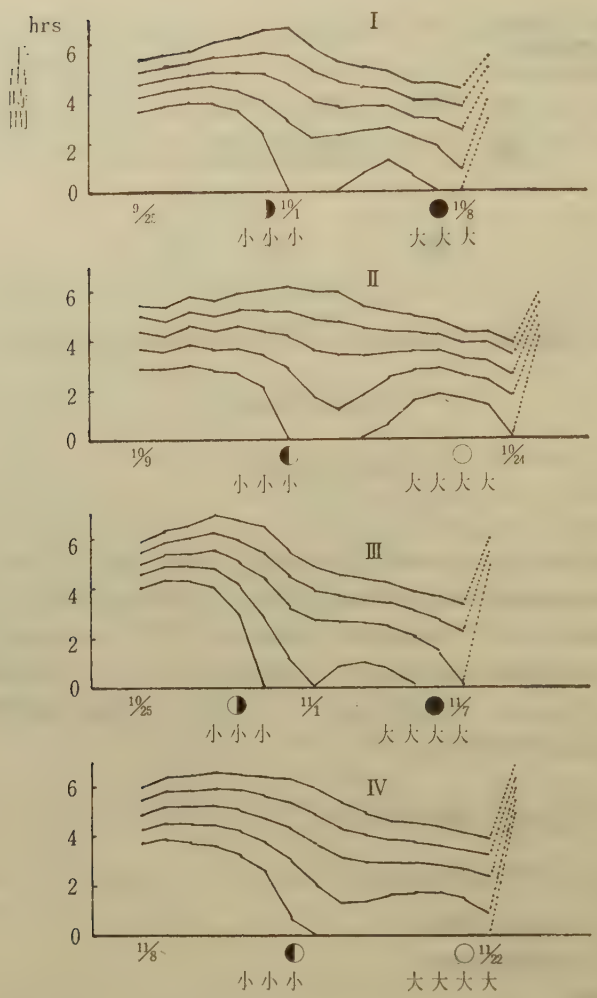


図1　ノリ張り込み水位の干出時間（昭和47年，福山）

れ近くになるまでの期間を1期間とし，上記の約2か月間をⅠ～Ⅳの4期に分けて示すことにした。

なお，計算には卓上型電子式計算機（ソバックス2700，プリンター付き）を使用した。

各場所とも結果は酷似するので，福山の結果だけを図1に示す。

140㎝以上の各層はよく並行した変化を示す。期間内はなめらかな曲線を描いて変化し，期の移り目，すなわち干潮が夕暮れ時から早朝に変るとき，不連続となる。これに対し100㎝と120㎝層は，小潮後の干潮潮位が大きい日，干出時間が急減（0となる）し，140㎝以上の各層と大差をボす。従って140㎝以上の各層では比較的除々に変化し，その変化も小さいが，100㎝，120㎝層は急激で，著しいといえる。

潮時についてみると，変動は，小潮時とその前後が大きく，大潮時とそ直前が小さい。この点は，ノリの生育が小潮時に不調，大潮時に好調となることに関連するのかも知れない。

また，干出時間が最大になる日は，大潮時でなく小潮時またはその附近である。Ⅰ，Ⅱ期は小潮の最終日，Ⅲ期は初日，Ⅳ期は前日としだいに前にずれている。逆に，干出時間が最小になる日は，層によりやや異なるが，大潮の最終日か小潮後の干潮潮位が大きい日となっている。この

表1　各潮の平均干出時間 (hrs.)

期	月　日	日数	h : cm / 100	120	140	160	180
Ⅰ	9.25 ～ 10. 8	14	1.61	2.97	3.95	4.74	5.46
Ⅱ	10. 9 ～ 10.24	16	1.48	2.76	3.81	4.63	5.38
Ⅲ	10.25 ～ 11. 7	14	1.40	2.13	3.40	4.42	5.24
Ⅳ	11. 8 ～ 11.22	15	1.41	2.69	3.84	4.71	5.49
全	9.25 ～ 11.22	59	1.47	2.64	3.75	4.63	5.39

(昭和47年，福山)

ような存外な結果は，中国地方では秋季の大潮時に，低低潮が夜間，高低潮が日中になり，小潮時はその逆になるためである。

各潮位の各期間中の平均干出時間および総平均干出時間を表1に示す。各層とも期ごとに大きな干出時間の変化はみられない。ただし，これは14～16日間の平均干出時間であって，数日以下の特定期間をとれば，図にみるとおり，大きな相違があることに注意しなければならない。また，平均干出時間は100㎝層で約1.5時間，20㎝高くなるごとに約1時間増すと考えて，たかだか0.25時間までの相違しかないことが示されている。

文　献

1）片山勝介：ノリ幼芽の生理障害に関する研究，昭和45年度指定調査研究(ノリ増養殖)報告書，岡山県水産試験場，(1971)
2）冨山昭：昭和45年度ノリ作況と特異気象について，山口県内海水産試験場報告，2 (1972)
3）猪子嘉生：広島県における気象とノリ作況の関係—Ⅱ．昭和45，46年度ノリ漁期中の特異気象ならびにノリ生育との対比，本誌本号，35—52，(1973)
4）南西海区水産研究所：昭和43年度南西海区ブロック藻類研究会資料，(1968)
5）日本気象協会：暦象と潮位，昭和47年，広島県，(1972)

1971年広島県下で発生したオヨギピンノ（カクレガニ科，甲殻類）の「赤潮」

荒　川　好　満

Notes on Unusual Occurrence of "Red Water" Caused by a Shoal of Pinnotherid Crab, *Tritodynamia horvanthi* NOBILI, Off the Coast of Hiroshima Prefecture in 1971

Kohman Y. ARAKAWA

（挿図 Text-figs. 1–2）

Abstract

Tritodynamia horvanthi NOBILI has been noted for its aberrant habits to live symbiotically with a species of mudworm, *Loimia medusa* (SAVIGNY) (Text-fig. 1) and to school up to the surface of water freed from the host when matured.

The "red water" caused by the pinnotherid crab has hitherto been known to occur periodically at various parts of Ariake Bay and Tokyo Bay, Japan.

During the summer of 1971, the "red water" had occurred off the coast of Hiroshima Prefecture ranging from Tozaki-seto (near Onomichi City) to Muro-o (Kurahashi Isl.) through Yoshina (Mihara City) (Text-fig. 2) suffering considerable damage to dragnet and sardine-net fisheries.

This is the first occurrence in the Inland Sea of Seto and seems to be due to the organic pollution of the sea by industrial waste and sewage increasing with years, though the investigation of this possibility must be the subject of future research.

オヨギピンノ（コウダカヨコナガ）*Tritodynamia horvanthi* NOBILI は，東京湾から瀬戸内海，有明海をへて，朝鮮，中国沿岸へ分布する極東特産のカクレガニ科の１種で，成長したものは，甲の長さ８～９㎝，巾12～13㎝に達し，全体に毛深く，遊泳にたけている。また，座着性多毛類の１種チンチロフサゴカイ *Loimia medusa* (SAVIGNY) の棲管内に共（寄）生し，周期的に群をなして海面を遊泳するという奇習で知られている。

1971年夏から秋へかけて，内海沿岸各地で，本種の異常発生が観察され，一部では，イワシ巾着網や底曳き網などに影響があったと伝えられる。

広島県下では，８月中旬に尾道市外戸崎瀬戸付近で，操業中の漁業者が発見，地区農林事務所へ通報したのを皮切りに，ほぼ同じ頃竹原市吉名地先でも，海面を褐色に染め，赤潮状のパッチをなして群泳するのを漁業者が認めている。９月中旬には，呉市外情島東南方沖合に敷設された当水産試験場カキ養殖耐波性試験筏に無数に蝟集し，垂下連の間を群泳しているのを発見，たまたま身につけていた帽子で，無作為にすくったところ，一すくい（約1.5ℓ）に，10数～20数匹

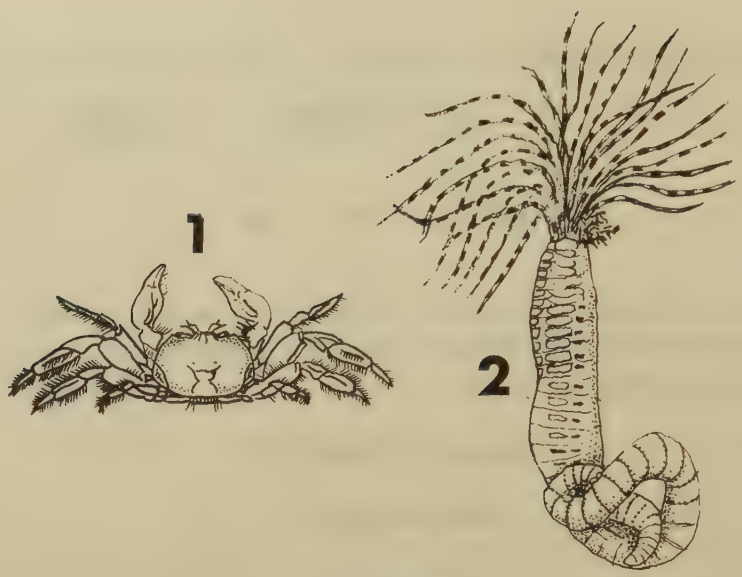


図1　オヨギピンノ(1)とその宿主チンチロフサゴカイ(2)（内田他1950および内海1959より改変）

Text-fig. 1　*Tritodynamia horvanthi* (1) and its host, *Loimia medusa* (2).
(Modified from UCHIDA et al. 1950 and UTINOMI 1959)

が採集されるほどの密度であった。この群は，２・３日経って，再び現地を訪れた折には，もはや姿を消し，その後，倉橋島亀首沖合，および同室生付近で見たという情報を最後に，消息を絶った。

内海沿岸各地では，最初，和歌山はじめ，大阪湾，播磨灘で発生，ついで，７月下旬に兵庫県明石付近に出現し，その後，岡山県沿岸の，ほぼ全域で認めている。また年が改った1972年２～３月頃にも，播磨灘の一部で，他の漁獲物に混って，本種が大量に採捕されたということである[1)2)]。

オヨギピンノの異常発生は，東京湾や有明海では，これまでも，数～10年周期で起ることが知

図2　1972年夏に，広島県下で，オヨギピンノの“赤潮”が見られた海域

Text-fig. 2　Sites of unusual occurrence of “red water” caused by a shoal of the pinnotherid crab, *Tritodynamia horvanthi* off the coast of Hiroshima Pref. during the summer of 1971.

られているが[4)5)]，瀬戸内海では，これが，おそらく最初で，しかも，広い範囲におよんでいる点で特記に値いする現象と思われる。

なお，この度の異常発生は，内海東部の海域で発生した個体群が，回遊したものか，あるいは各地で個々に発生した別の個体群によるのか，今のところ不明であるが，地理的分布および時期のずれから見て，内海東部で発生した単一の群が，離合集散しながら南下してきたと考えるのが尤もらしい。また，原因については，内海の有機汚染が，宿主動物であるチンチロフサゴカイの異常繁殖を促し，連鎖反応的に，その共（寄）生者であるオヨギピンノの異常発生をもたらしたとするのは，穿ち過ぎた推測であろうか？

何れにしろ，これらの点については，今後の調査に俟たねば，正確な事情は詳らかでない。

最後に同定の労をとられた小田原甲殻類博物館長小田原利光博士に謝意を表する。

文　　献

1）原島和彦：私信，(1971)
2）————：〃，(1972)
3）松本邦夫・梶田博士：瀬戸内海のオヨギピンノ(8ミリ映画)．日本動物学会中・四国支部例会講演，(1971)
4）酒井恒：蟹．145—170．紫生書院，東京，(1956)
5）————：オヨギピンノ．甲殻類学会ニュース，1：1，(1971)
6）内田清之助・他：日本動物図鑑（改訂増補版）．669．北隆館，東京，(1950)
7）内海冨士夫：原色日本海岸動物図鑑．39．保育社，大阪，(1959)

抄　録　Abstracts of Recent Papers on HFES Investigations Published in Other Periodicals

海産無脊椎動物の糞塊に関する研究
（軟体動物を除く）I

荒　川　好　満

京都大学理学部瀬戸臨海実験所紀要，19 (4) : 231—241 (1971)

Studies on the Faecal Pellets of Marine Invertebrates (Excluding Molluscs) I.

Kohman Y. ARAKAWA

Publ. Seto Mar. Biol. Lab., 19 (4) : 231-241 (1971)

音戸付近のカキ養殖筏その他から採集したホヤ類，ゴカイ類，ナマコ類，ウニ類など，21種類の無脊椎動物の糞塊の構造，寸法，および食性について図示記載した。

従来，この方面の知見に乏しいので，生物学，古生物学，地質学など基礎的学問的分野ばかりでなく，海洋生態学やカキ養殖場の生物源堆積現象の研究など，水産応用方面にも，広く役立つ資料と思われる（英文）。

養成マダイからの採卵に関する研究—Ⅲ
海面網生簀から陸上産卵池へ移動させた親魚の産卵について

伏　見　　徹

栽培漁業技術開発研究 1 (1) : 15—20 (1972)

Studies on Egg-taking from Cultured Red Sea Bream, *Pagrus major* (TEMMINCK & SCHLEGEL)—III Spawning by Parents Moved from Net-cage Set in the Sea to Breeding Tank of the Shore

Toru FUSHIMI

The 'SAIBAI-GYOGYO-GIJUTSU-KAIHATSU-KENKYU' 1 (1) : 15-20 (1972)

人工種苗生産した稚魚から網生簀で養成した親魚を前年に雌雄を分離し，産卵期に陸上の産卵槽へ雌2尾，雄3尾を放養し産卵させた。産卵は移動による刺戟の影響はなく当日から産卵し，卵質も良好であった。この結果，マダイも種苗生産過程における採卵作業が非常に楽になり計画性が持たれるようになった（邦文）。

ノリの品質と養殖場の環境要因との関係について

鉄　　健司*・木村　知博

東海区水産研究所研究報告，69：31—43（1972）

On Relation Between Quality of Nori (*Porphyra* spp.) and Its Environmental Factors in Culture Grounds

Kenji KUROGANE and Tomohiro KIMURA

Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 69 : 31–43 (1972)

広島県下沿岸水域の39の養殖場のノリの価格で代用されるノリの品質と，各養殖場における潮流の速さ・塩分濃度・陸度・養殖密度等の関係を考察し，ノリの品質に及ぼす環境要因の影響を推定し，またノリの養殖場の性格による分類を主成分分析法で試み，以下の結果を得た。

1. ノリの品質に影響する要因として上記の4要因とノリの品質との単独の関係をみると，その相関係数はいずれも0.3前後以下で，強い関係はみられない。
2. 上記4要因をすべてとりあげてノリの品質との重相関係数を求めると0.907となり，ノリの品質の変動の多くをこれら4要因で説明できる。しかしこの結果は養殖密度をのぞいて，ノリの品質と潮流・塩分・陸度との関係を求めても殆んど変らず，重相関係数は0.904となる。
3. 潮流（X_1），塩分（X_2），陸度（X_3），とノリの品質Yとの関係式を求めると

$$Y=1.205+0.487X_1-0.128X_2-0.0199X_3$$

となり，ノリの品質に対し潮流は速いほど，塩分濃度はうすいほど，陸度は小さいほどよい効果を総合的に与えることになる。

4. 潮流・塩分・陸度といった環境，ノリの品質，およびこれらを考慮して決められる人為条件としての養殖密度等を用いて主成分分析によって，ノリ養殖場の性格を分類すると；
   - 潮流速く塩分濃くノリの品質のよい県中部水域
   - 潮流遅く塩分薄くノリの品質のよい栄養塩にとむと思われる河口水域
   - 河口域・湾内型ではあるが河川流入量も少なく，風波も少ないノリの品質の悪い水域
   - 潮流遅く塩分濃くノリの品質の悪い沖合性の水の影響のつよい水域

に4大別される。（邦文英文要約）

* 東海区水産研究所

雑　　録　Miscellany

第1回場内研究発表会記事

昭和46年12月3日，当場会議室で，本年度の試験研究の結果，あるいは経過について，次のとおり研究発表が行なわれ，白熱した討議が斗わされた。

木村知博・橋本俊将：広島湾における昭和46年度の赤潮発生とその環境

溝上昭男・木村知博・橋本俊将・川西正衛：広島湾における赤潮の発生状況について（昭和46年度）

木村知博：昭和44年，45年の8月に広島湾で発生した赤潮と気象条件

川西正衛：安芸津湾におけるクルマエビの放流効果について

高山晴義：赤潮ベン毛虫 *Eutreptiella* sp について—I

伏見　徹・増村和彦・佐藤正明：マダイ親魚の採卵技術について

平田貞郎・伏見　徹・増村和彦・佐藤正明：ガザミ放流技術開発調査（中間育成）

堀田正勝：アカガイ種苗生産研究のこれまでの経過および各県の状況について

猪子嘉生・大内　晟：福山沖ノリ漁場の潮流と栄養塩分布について

大内　晟：ノリに対する界面活性剤の毒性について

第2回場内研究発表会記事

昭和47年5月27日，当場会議室で，下記のとおり研究発表が行なわれ，夕刻，盛会のうちに終了した。

高山晴義：赤潮生物に対する超音波の影響について（予報）

橋本俊将・溝上昭男：底質および底生生物からみた大竹・岩国水域の汚濁について—底質

溝上昭男・橋本俊将：底質および底生生物からみた大竹・岩国水域の汚濁について—底生生物

猪子嘉生：昭和45年度，46年度ノリ漁期中の特異気象について

楠木　豊：カキ養殖適正量について

楠木　豊：ミクロセルカウンター使用法

荒川好満：浜名湖地方の貝類養殖事情

荒川好満：北海道，東北地方の貝類養殖事情

第 3 回場内研究発表会記事

昭和47年10月21日，当場会議室で，次の研究発表ならびに討議が行われ，論議沸騰したため，定刻をはるかに過ぎて閉会した。

大内　晟・猪子嘉生・木村知博：福山における栄養補給源のチッ素形態について

猪子嘉生：松永湾ノリ漁場調査

橋本俊将：三原湾漁場環境調査―理化学的調査

溝上昭男：三原湾漁場環境調査―生物学的調査

高山晴義・大内　晟：赤潮のハマチに対する影響―へい死実験と血液性状について

大内　晟：赤潮のハマチに対する影響―血清蛋白分画について

楠木　豊：カキ剝身の改良法について

荒川好満：カキ養殖場における海産付着生物防除に関する研究の現状

平田貞部・川西正衛：ガザミの放流効果について

第 4 回場内研究発表会記事

今回から，机の配置を従来の円卓方式から，対坐式に改めた所為か，これまでにもまして質疑応答が盛んに行なわれ，坐長は時間の調整に苦慮する始末であった。（昭和47年11月17日）

伏見　徹：マダイ親魚の産卵期間と受精率・ふ化率について

伏見　徹：マダイ稚魚の共食いについて―Ⅰ，出現時期およびサイズ

増村和彦：マダイ種苗の海面生簀網への移動時期についての検討

堀田正勝：47年度貝類種苗生産研究について―トリガイ，イタヤガイ，ヒオウギ，アカガイ

川西正衛：放流ガザミの初期減耗について

久保田久次・荒川好満：養殖カキ付着生物の防除に関する研究―Ⅰ，カサネカンザシ幼生付着の季節変化

荒川好満：養殖カキ付着生物の防除に関する研究―Ⅱ，カサネカンザシの生活史

荒川好満：養殖カキ付着生物の防除に関する研究―Ⅲ，カサネカンザシの淡水・濃塩水・日乾に対する抵抗性

楠木　豊：カキに対するミドリムシの影響

高山晴義：昭和47年８月福山湾で採集したベン毛虫について（速報）

（文責：猪子，高山，荒川）

各種刊行物リスト　List of Additional HFES Publications

荒川好満：マガキおよびムラサキイガイの生理におよぼす濁りの影響について（貝類関係）．本州四国連絡架橋漁業影響調査報告，（生理生態班試験研究結果集），（1972）．

伏見　徹：養成クロダイからの採卵について，昭和44年度指定調査研究総合助成事業，広島県水産試験場，（1970）．

伏見　徹：マダイ・クロダイの親魚養成およびマダイ種苗生産，昭和42—44年度の総合結果，昭和44年度指定調査研究総合助成事業，広島県水産試験場，（1970）．

伏見　徹：マダイ・スズキの親魚養成に関する研究，昭和45年度指定調査研究総合助成事業，広島県水産試験場，（1971）．

伏見　徹：マダイ稚仔魚期の飼育管理技術の向上に関する研究（養成親魚からの採卵と仔魚の放養），浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究，昭和45年度別枠研究成果，備後灘周辺漁場開発プロヂェクトチーム，（1971）．

平田貞郎：ガザミ種苗の中間飼育試験，メガロッパから稚カニまでの歩留りについて，昭和46年度瀬戸内海栽培漁業魚類放流技術開発調査報告書，広島県水産試験場，（1971）．

平田貞郎：ガザミ種苗の孵化飼育試験．稚カニまでの歩留りについて，昭和47年度瀬戸内海栽培漁業魚類放流技術開発調査中間報告書，広島県水産試験場，（1972）．

平田貞郎：ガザミ種苗の中間育成試験．害敵駆除と歩留りについて，同上．

川西正衛：ガザミ種苗放流初期の減耗について，同上．

川西正衛：ガザミの放流追跡調査の結果について，同上．

木村知博：広島湾の富栄養化と赤潮発生について，広島県水産試験場，（1972）．

木村知博：泥による光量の減少がノリの発芽にあたえる影響，本州四国連絡架橋漁業影響調査報告（生理・生態班試験研究結果集），本州四国連絡架橋漁業影響調査委員会，（1972）．

木村知博：泥による光量の減少がノリの光合成量に及ぼす影響，本州四国連絡架橋漁業影響調査報告（生理・生態班試験研究結果集），本州四国連絡架橋漁業影響調査委員会，（1972）．

北島　力・橘本俊将・松里寿彦・佐藤正明：ハマチにカタクチイワシを投与した場合の餌料性疾病について，昭和44年度指定調査研究総合助成事業，広島県水産試験場，（1970）．

北島　力・佐藤正明：マダイにおける石油酵母餌料化試験，昭和44年度指定調査研究総合助成事業，広島県水産試験場，(1970).

北島　力・伏見　徹：マダイその他の親魚養成に関する研究，昭和43年度指定調査研究総合助成事業，広島県水産試験場，(1969).

北島　力・伏見　徹：マダイの親魚養成に関する研究，昭和44年度指定調査研究総合助成事業，広島県水産試験場，(1970).

楠木　豊：ムカシウミミドリムシが水産生物に与える影響について，2）カキに及ぼすムカシウミミドリムシの影響，広島県水産試験場，(1972).

溝上昭男・橋本俊将・大内　晟・高山晴義・木村知博：広島湾における赤潮発生状況と環境，広島県水産試験場，(1972).

大内　晟：福山における栄養補給源の窒素形態について，広島県水産試験場，(1972).

佐藤正明・伏見　徹・高山晴義・増村和彦：マダイ稚仔魚期の飼育管理技術向上に関する研究（稚仔魚期の餌料開発に関する研究），浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究，昭和46年度別枠研究成果，備後灘周辺漁場開発プロヂェクトチーム(1972).

佐藤正明・平田貞郎・北島　力：ハマチのビタミン要求に関する試験—Ⅱ．配合餌料中のビオチン添加量が成育におよぼす影響・配合餌料中のアスコルビン酸カルシウム添加量が成育におよぼす影響，昭和43年度指定調査研究総合助成事業，広島県水産試験場，(1969).

佐藤正明・北島　力・松里寿彦：ハマチにおける石油酵母餌料化試験，昭和44年度指定調査研究総合助成事業，広島県水産試験場，(1970).

高山晴義・他：泥土の濁りが魚類の生理生態に及ぼす影響，本州四国連絡架橋漁業影響調査報告（生理・生態班試験研究結果集），本州四国連絡架橋漁業影響調査委員会，(1972).

高山晴義・大内　晟：ムカシウミミドリムシが水産生物に与える影響について，1）ハマチに及ぼすムカシウミミドリムシの影響，広島県水産試験場，(1972).

広島県水産試験場：餌料研究報告書(マダイ)，昭和45年度指定調査研究総合助成事業，広島県水産試験場，(1971).

広島県水産試験場：病害研究報告書，昭和45年度指定調査研究総合助成事業，広島県水産試験場，(1971).

編集後記　Postscript by the Editor

第4号は，従来の養殖技術を中心とした内容から漁場環境およびその生物に関するものに移行しているのが特色である。これも，44年度の赤潮の広域発生型転位により派生した象徴とも言える。従来当場は環境部門に手薄であったが，その虚を突かれたかのような汚染現象に振り回わされ，まして，その対策に至っては，皆目，お手上げ状態であったと言って過言ではない。しかしながら，逐時その努力が現われはじめているのが，本号にうかがわれる。本県の特徴である海面養殖型漁業は，その発展のため，とくに，その外部環境のすべてとの調和が不可欠である。この面の研究活動を強力に進める重要性と必要性を，改めて，深くかみしめている次第である。

昭和48年2月10日

広島県水産試験場長

波多野　幸太郎

編　集　委　員

編集委員長　波多野　幸太郎　（場　　長）

〃 主　任　村　上　菊太郎　（企画調査部長）

佐　藤　正　明　（生　産　部　長）

木　村　知　博　（資　源　部　長）

（本報告に関する問い合わせは，場長あてに願います）

Editorial Committee

Representative Committee

HATANO, Kotaro (Director)

Editor-in-Chief

MURAKAMI, Kikutaro (Chief, Division of Planning & Adjusting of Research Works)

SATO, Tadaaki (Chief, Division of Mariculture Research)

KIMURA, Tomohiro (Chief, Division of Fishery Resources Research)

(*All the communication concerning to the Bulletin should be addressed to the Director*)

昭和48年2月10日 発行

編集・発行人：波多野　幸太郎

印刷者：中本総合印刷株式会社
（広島市大州町5丁目1—1）

発行所：広島県水産試験場
（広島県安芸郡音戸町大字音戸
5233—2　〔〒737—12〕）

BULLETIN OF THE HIROSHIMA FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 4 1973 February

Contents

Original Articles

Haruyoshi TAKAYAMA: Effects of Supersonic Waves on Some Red Tide Planktons··· 1

Yutaka KUSUKI: Evaluation of an Electric Particle Counter, Micro-cell Counter for Determining Numbers of Algal Cells ····· 7

Kohman Y. ARAKAWA and Hisatsugu KUBOTA: Biological Studies on Prevention and Extermination of Fouling Organisms Attached to Cultured Oysters—I.···13

Kohman Y. ARAKAWA: Biological Studies on Prevention and Extermination of Fouling Organisms Attached to Cultured Oysters—II. ·····19

Kohman Y. ARAKAWA: Biological Studies on Prevention and Extermination of Fouling Organisms Attached to Cultured Oysters—III.·····29

Yoshio INOKO: Relations Between Weather and Cultured Laver (*Porphyra* spp.) Crops—II. ·····35

Toshimasa HASHIMOTO, Akio MIZOKAMI, Sadao HIRATA, Masakatsu HOTTA, Akira ÔUCHI, Tomohiro KIMURA and Shigeaki HASHIMOTO: Hydrographical, Biological and Social Survey of Fishery Grounds in Mihara Bay in Relation to Pollution by Industrial Waste and Sewage ·····53

Kotaro HATANO, Tomohiro KIMURA, Akio MIZOKAMI, Toshimasa HASHIMOTO and Masae KAWANISHI: Hydrographical, Biological and Social Survey of Fishery Grounds Off the Coast of Otake Area—Influence of Industrial Waste and Sewage upon Coastal Fisheries·····85

Short Articles

Yoshio INOKO: On Duration of Exposure of Laver Culture Net to Air ····· 125

Kohman Y. ARAKAWA: Notes on Unusual Occurrence of "Red Water" Caused by a Shoal of Pinnotherid Crab, *Tritodynamia horvanthi* NOBILI, Off the Coast of Hiroshima Prefecture in 1971 ····· 129

Abstracts of Recent Papers on HFES Investigations Published in Other Periodicals

Kohman Y. ARAKAWA: Studies on the Faecal Pellets of Marine Invertebrates (Excluding Molluscs)—I. ····· 133

Toru FUSHIMI: Studies on Egg-taking from Cultured Red Sea Bream, *Pagrus major* (TEMMINCK & SCHLEGEL)—III. ····· 133

Kenji KUROGANE and Tomohiro KIMURA: Relation Between Quality of Nori (*Porphyra* spp.) and its Environmental Factors in Culture Grounds ····· 134

Miscellany

Proceedings of the Station Meeting for Reading of Papers on Subjects Studied ····· 135

List of Additional HFES Publications ····· 137

Postscript by the Editor ····· 139

Published

by

The Hiroshima Fisheries Experimental Station

(5233–2 Ondo-cho, Aki-gun, Hiroshima, [737–12] JAPAN)